



**TUGAS AKHIR - SM 141501**

**PERENCANAAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE  
*ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY* (EPQ)  
(STUDI KASUS PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)**

**SINAR DWI AMUTU  
NRP 1213 100 055**

**Dosen Pembimbing**

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes**
- 2. Dra. Sri Suprpti H., M.Si**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - SM 141501**

**PERENCANAAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE  
*ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY* (EPQ)  
(STUDI KASUS PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)**

**SINAR DWI AMUTU  
NRP 1213 100 055**

**Dosen Pembimbing**

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes**
- 2. Dra. Sri Suprpti H., M.Si**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



***FINAL PROJECT - SM 141501***

***PRODUCTION PLANNING USING THE METHODS OF  
ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY (EPQ)  
(CASE STUDY PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)***

***SINAR DWI AMUTU  
NRP 1213 100 055***

***Supervisor***

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M. Kes***
- 2. Dra. Sri Suprpti H., M.Si***

***DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017***

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERENCANAAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE  
ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY (EPQ)  
(STUDI KASUS PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)**

**PRODUCTION PLANNING USING THE METHODS OF  
ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY (EPQ)  
(CASE STUDY PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**SINAR DWIAMUTU**

NRP. 1213 100 055

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I

Dra. Sri Suprapti H., M.Si.

NIP. 1940222 198403 2 001

Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes.

NIP. 19650220 198903 2 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika  
FPMIPA-ITS

Dr. Imam Muhlash, S.Si, MT

NIP. 19700831 199403 1 003

Surabaya, Juli 2017

**PERENCANAAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE  
*ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY (EPQ)*  
(STUDI KASUS PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)**

**Nama** : Sinar Dwi Amutu  
**NRP** : 1213 100 055  
**Departemen** : Matematika FMIPA-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Dra. Sri Suprapti H., M.Si

**ABSTRAK**

Produksi direncanakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Perencanaan produksi untuk mengantisipasi permintaan konsumen di masa yang akan datang. Apabila terdapat kesalahan, mengakibatkan kelebihan atau kekurangan produksi, sehingga laba yang diperoleh perusahaan berkurang. Penelitian ini untuk memperkirakan kebutuhan bahan baku menggunakan metode ARIMA. Dari hasil peramalan tersebut ditentukan jumlah produksi optimal dengan metode *Economic Production Quantity (EPQ)*.

Dari hasil perencanaan produksi plywood didapat jumlah produksi optimal 160.668 unit yang dapat menurunkan total biaya biaya sebesar 9,45%.

*Kata Kunci: Peramalan, Biaya Produksi, Metode Economic Production Quantity (EPQ).*





***PRODUCTION PLANNING USING THE METHODS OF  
ECONOMIC PRODUCTION QUANTITY (EPQ)  
(CASE STUDY PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)***

**Name** : Sinar Dwi Amutu  
**NRP** : 1213 100 055  
**Department** : Mathematics FMIPA-ITS  
**Supervisor** : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Dra. Sri Suprapti H., M.Si

***ABSTRACT***

Production is planned to meet the needs of consumers. Production planning in anticipation of consumer demand in the foreseeable future. If there are errors, resulting in excess or lack of production, so that the profits that accrue to the company. This research was to estimate the needs of raw materials using the method of ARIMA. From the results of the forecasting optimal production quantities are determined by the method of Economic Production Quantity (EPQ).

From the results obtained in plywood production planning optimal production quantities 160,668 units which can lower the total cost of charged 9.45%

***Keyword:*** *Forecasting, Production Cost, Method of Economic Production Quantity.*





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PERENCANAAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *ECONOMIC PRDUCTION QUANTITY* (EPQ) (STUDI KASUS PT.LINGGARJATI MAHARDIKA MULIA)”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku Ketua Departemen Matematika FMIPA ITS.
2. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes dan Ibu Dra. Sri Suprapti H., M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas segala waktu, bimbingan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Drs. Sadjidon, M.Si. sebagai dosen wali selama penulis kuliah di Departemen Matematika FMIPA-ITS.
4. Ibu Dra. Farida Agustini Widjajati MS, Bapak Drs. Mohammad Setijo Winarko, M.Si, dan Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran, kritik, dan motivasi demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S.Si, M.Si selaku Kaprodi S1 Departemen Matematika.
6. Bapak Drs. Iis Herisman, M.Si selaku Sekprodi S1 Departemen Matematika atas bantuan dan semua informasi yang diberikan.
7. Bapak, Ibu, dan kakak Velcra Tyas Hariyani tercinta, beserta keluarga besar yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan doa kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Tara Amila Milatina Yang telah memberika dukungan semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Bapak Gunawan yang membimbing saya saat pencarian data di PT. Linggarjati Mahardika Mulia.
10. Mbak Sahara, Yenny Triningsih, Virga Fatari, Icha Fahrulnisha, Ivan, Uzu, dan Miftakhul Ardi atas bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Kabinet GENERATOR yang telah memberikan pengalaman dan kenangan selama menempuh proses perkuliahan.
12. Teman-teman angkatan 2013 yang telah memberikan pengalaman dan kenangan selama menempuh proses perkuliahan.

Penulis sangat berharap hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, serta kritik dan saran yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
<b>JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Metode Peramalan .....	5
2.2.1 <i>Time Series</i> .....	6
2.2.2 Model ARIMA.....	8
2.2.3 Prosedur ARIMA Box- Jenkins .....	10
2.2.4 Kriteria Pemilihan Model Terbaik .....	14
2.3 Perencanaan Produksi .....	15
2.4 Perencanaan <i>Economic Production Quantity</i> (EPQ) .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Pengumpulan Data .....	21
3.2 Langkah-Langkah Analisis .....	21



## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1 Variabel dan Data Penelitian.....	23
4.2 Kajian Volume Produksi Optimal dan <i>Total Annual Cost</i> .....	24
4.3 Model ARIMA Box-Jenkins .....	29
4.4 Menentukan Komponen Biaya.....	36
4.4.1 Kebutuhan Bahan Baku untuk Tahun 2017 .....	37
4.4.2 Perhitungan Biaya Produksi.....	38
4.5 Menghitung Volume Produksi Optimal .....	41
4.6 Menentukan Total Biaya Produksi dengan Metode EPQ .....	41
4.7 Menentukan Total Biaya Produksi Perusahaan Tahun 2017.....	42
4.8 Perbandingan Total <i>Cost</i> Perusahaan dengan Total <i>Cost</i> EPQ.....	45

<b>BAB V PENUTUP</b> .....	47
----------------------------	----

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	49
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	51
-----------------------	----

<b>BIODATA PENULIS</b> .....	71
------------------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alur Metodologi Penelitian .....	22
<b>Gambar 4.1</b> <i>Time Series Plot</i> $Z_t$ .....	26
<b>Gambar 4.2</b> Box-cox Plot $Z_t$ sudah Stasioner dalam Varians .....	27
<b>Gambar 4.3</b> <i>Trend Analysis</i> Plot Data Belum Stasioner .....	27
<b>Gambar 4.4</b> <i>Trend Analysis</i> Plot Data Sudah Stasioner .....	28
<b>Gambar 4.5</b> Plot ACF $Z_t$ .....	29
<b>Gambar 4.6</b> Plot PACF $Z_t$ .....	29





## DAFTAR TABEL

	Hal
<b>Tabel 2.1</b> Transformasi Box-cox .....	7
<b>Tabel 4.1</b> <i>Comsumption Rate</i> untuk Pembuatan Satu Plywood .....	23
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4]) .....	30
<b>Tabel 4.3</b> <i>Overfitting</i> Model ARIMA .....	35
<b>Tabel 4.4</b> Nilai AIC dan SBC model ARIMA .....	35
<b>Tabel 4.5</b> <i>Comsumption Rate</i> Setiap Bahan Baku .....	37
<b>Tabel 4.6</b> Kebutuhan Bahan Baku 2017 .....	37
<b>Tabel 4.7</b> Biaya Bahan Baku untuk Setiap Pembuatan Satu Plywood .....	38
<b>Tabel 4.8</b> Data Biaya Produksi per Unit .....	39
<b>Tabel 4.9</b> Biaya Set-up.....	40
<b>Tabel 4.10</b> Komponen Biaya Bahan Baku .....	42
<b>Tabel 4.11</b> Komponen Biaya Tenaga Kerja .....	42
<b>Tabel 4.12</b> Komponen Biaya Perawatan Mesin .....	43
<b>Tabel 4.13</b> Komponen Biaya Simpan .....	44
<b>Tabel 4.14</b> Biaya Listrik Tahun 2016 .....	44



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
<b>Lampiran A</b> Data Mingguan Penjualan Plywood PT. Linggarjati Mahardika Mulia .....	51
<b>Lampiran B</b> Hasil Analisa Data Dengan EVIEWS dan MINITAB untuk Model Sementara .....	53
<b>Lampiran C</b> Hasil Analisa Data Dengan EVIEWS dan MINITAB untuk Model Hasil <i>Overfitting</i> .....	55
<b>Lampiran D</b> Data Hasil Peramalan Penjualan Plywood PT. Linggarjati Mahardika Mulia Tahun 2017 .....	67
<b>Lampiran E</b> Biaya .....	69







## DAFTAR SIMBOL

$\rho_k$	: koefisien autokorelasi pada lag ke- $k$
$Z_t$	: hasil penjualan plywood pada minggu ke- $t$
$\bar{Z}_t$	: rata- rata $Z_t$
$n$	: jumlah data
$p$	: orde dari AR
$q$	: orde dari MA
$d$	: orde dari <i>differencing</i>
$\phi_p$	: koefisien orde $p$
$\theta_q$	: koefisien orde $q$
$B$	: <i>backward shift</i>
$(1 - B)^d$	: orde <i>differencing</i> nonmusiman
$a_t$	: suatu proses <i>white noise</i> atau galat pada waktu ke- $t$
$K$	: lag maksimum
$\sup_x$	: nilai supremum untuk semua $x$ dari selisih mutlak $S(x)$ dan $F_0(x)$
$F_0(x)$	:fungsi distribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal
$M$	: banyaknya parameter yang diestimasi
$\hat{\sigma}_a^2$	: estimasi dari $\sigma_a^2$
$\ln$	: natural log
$S(x)$	: fungsi distribusi kumulatif dari data sampel
$\overline{TC}$	: Biaya produksi
$P$	: Biaya produksi perunit
$R$	: Permintaan pertahun dalam unit
$p$	: rata-rata produksi
$r$	: rata-rata permintaan
$Q$	: volume produksi
$S$	: Biaya set up per run
$H$	: Biaya simpan perunit dan pertahun
$Q^*$	: volume produksi optimal



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Perusahaan industri saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, tetapi menghadapi persaingan yang semakin ketat pula. Untuk dapat terus bertahan dalam persaingan, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengembangkan sistem produksi yang lebih efektif dan efisien. Karena produksi direncanakan untuk memenuhi permintaan konsumen, diusahakan perencanaan produksi dapat mengembangkan produksi untuk mengantisipasi permintaan konsumen di masa yang akan datang. Maksud dan tujuan perusahaan industri manufaktur telah berkembang dari keinginan untuk mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya menjadi keinginan untuk memuaskan konsumen. Untuk mencapai keinginan tersebut perusahaan harus merencanakan sistem produksi sedemikian rupa sehingga kebutuhan konsumen dapat terpenuhi dengan waktu, jumlah, mutu, dan produk sesuai dengan kebutuhan. Hal inilah yang mendorong perusahaan industri untuk terus melakukan perbaikan terus-menerus (*continuous improvement*) pada sistem produksi perusahaan[1].

Perusahaan dalam memproduksi barang untuk persediaan, harus memperhitungkan mengenai tingkat persediaan yang ada serta perkiraan penjualan masing-masing produk yang dihasilkan. Apabila terdapat kesalahan dalam menentukan jumlah produksi, maka akan dapat mengakibatkan kekurangan jumlah barang produksi atau kelebihan jumlah produksi sehingga menimbulkan pemborosan atau menimbulkan persediaan yang menumpuk.



Adanya penumpukan persediaan akan menimbulkan biaya persediaan seperti biaya pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan serta kemungkinan terjadinya keusangan dan kualitas yang tidak bisa dipertahankan, sehingga semua ini akan dapat mengurangi laba perusahaan. sebaliknya kekurangan produksi akan mengakibatkan kemacetan dalam proses penjualan, sehingga laba yang diperoleh perusahaan berkurang. Oleh karena itu perusahaan perlu menghitung jumlah produksi dengan baik agar jumlah produksi bisa optimal, sehingga memiliki persediaan yang seoptimal mungkin demi kelancaran operasi perusahaan dalam jumlah, waktu, mutu yang tepat serta biaya yang serendah-rendahnya dan bisa memaksimalkan keuntungan[2].

Menurut Zulian Yamit dalam bukunya yang berjudul Manajemen Produksi dan Operasi bahwa metode EPQ (*Economic Production Quantity*) adalah sejumlah produksi tertentu yang dihasilkan dengan meminimumkan total biaya persediaan. Metode EPQ dapat dicapai apabila besarnya biaya persiapan (*set up cost*) dan biaya penyimpanan (*carrying cost*) yang dikeluarkan jumlahnya minimum. Sehingga, tingkat produksi optimal akan memberikan total biaya persediaan atau *total inventori cost* (TIC) minimum. Metode EPQ mempertimbangkan tingkat persediaan barang jadi dan permintaan produk jadi. Metode ini juga mempertimbangkan jumlah persiapan produksi yang berpengaruh terhadap biaya persiapan[2].

Dalam tugas akhir ini penulis mengambil judul “**Perencanaan Produksi Menggunakan Metode *Economic Production Quantity* (EPQ)(Studi Kasus PT.Linggarjati Mahardika Mulia)**”. Pada tugas akhir ini, metode EPQ diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya produksi, sehingga perusahaan dapat meminimumkan biaya produksi tanpa mengurangi laba atau keuntungan yang akan dicapai pada suatu perusahaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang didapatkan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana meramalkan jumlah kebutuhan bahan baku produksi Tahun 2017.
2. Bagaimanana menentukan volume produksi yang optimal
3. Bagaimana perbandingan total biaya produksi dari perusahaan dengan total biaya produksi menggunakan metode *Economic Production Quantity* (EPQ).

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder hasil inspeksi produk plywood pada PT. Linggarjati Mahardika Mulia.
2. Jumlah kebutuhan Tahun 2017 diramalkan berdasarkan jumlah penjualan tiap minggu dari bulan Januari 2015 sampai dengan bulan Desember 2016.
3. Pengeluaran biaya perusahaan untuk tahun berikutnya bertambah 15% dari tahun sebelumnya.
4. Data biaya bahan baku menggunakan biaya pada bulan Desember 2016.
5. *Software* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah *software* Minitab dan *Eviews*.

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, Tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Meramalkan jumlah kebutuhan bahan baku produksi untuk tahun 2017.
2. Menentukan volume produksi yang optimal dengan metode *Economic Production Quantity* (EPQ).



3. Membandingkan total biaya produksi dari perusahaan dengan total biaya produksi menggunakan metode *Economic Production Quantity* (EPQ).

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari Tugas Akhir ini antara lain:

1. Memberikan rancangan konsep total biaya produksi (total *annual cost*).
2. Memberikan estimasi profit yang besar (laba) bagi perusahaan setelah dilakukan efisiensi total biaya produksi.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan pada Tugas Akhir.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menjelaskan dasar teori yang digunakan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir. Pada bab ini berisi tentang peramalan, analisa *time series*, perencanaan produksi, serta model *inventory* pada produksi.

#### **BAB III METODOLOGI TUGAS AKHIR**

Menjelaskan alur kerja dan metode yang digunakan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir. Gambaran umum mengenai pembentukan model ARIMA dan perencanaan produksi.

#### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Menyajikan tentang analisa data dan pembahasan secara keseluruhan dalam, penentuan hasil peramalan pada model terbaik dan penentuan *total annual cost*.

#### **BAB V PENUTUP**

Berisi hasil dari analisis dalam Tugas Akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini Menjelaskan dasar teori yang digunakan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir. Pada bab ini berisi tentang peramalan, analisa *time series*, perencanaan produksi, serta model *inventory* pada produksi.

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Krishnamoorthi dan Panayappan membahas mengenai produksi barang berkualitas sempurna, biaya kualitas, dan *backlogging* menjadi model EPQ tunggal untuk mencapai ukuran produksi yang optimal yang meminimalkan biaya total[3].

Penelitian lain adalah tugas Akhir membahas mengenai menentukan metode peramalan yang tepat untuk memperkirakan kebutuhan material, kemudian dari peramalan dilanjutkan dengan metode EOQ (*Economic Order Quantity*), ROP (*Reorder point*), dan biaya total persediaan[4].

#### **2.2 Metode Peramalan**

Peramalan merupakan prediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan[5]. Sedangkan metode peramalan merupakan cara memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang berdasarkan data yang relevan pada masa lalu. Peramalan merupakan gambaran keadaan perusahaan pada masa yang akan datang. Gambaran tersebut sangat penting bagi manajemen perusahaan, dengan gambaran tersebut maka perusahaan dapat memprediksi langkah-langkah yang dapat diambil dalam memenuhi permintaan konsumen. Dengan adanya metode peramalan maka manajemen perusahaan akan mendapatkan gambaran keadaan produksi di masa yang akan datang serta akan memberikan kemudahan pada manajemen

perusahaan dalam menentukan kebijakan yang akan dibuat oleh perusahaan.

### 2.2.1 Time Series

*Time series* atau runtun waktu merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu variabel yang diambil dari waktu ke waktu dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu kejadiannya dengan interval waktu tetap. Analisis *time series* merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu[5].

#### 1. Stasioneritas

Stasioneritas artinya tidak terjadi pertumbuhan dan penurunan. Data dikatakan stasioner apabila pola data tersebut berada pada kesetimbangan di sekitar nilai rata-rata (*mean*) dan varian yang konstan selama waktu tertentu. *Time series* dikatakan stasioner apabila tidak terdapat unsur trend dan musiman dalam data, atau dapat dikatakan *mean* dan variannya tetap. Selain plot *time series*, kestasioneran dapat dilihat dari plot autokorelasi yang turun mendekati nol secara cepat, umumnya setelah lag kedua atau ketiga. Kestasioneran data secara varian dapat dilihat dari transformasi Box-Cox dimana dikatakan stasioner jika *rounded value*-nya bernilai 1. Apabila tidak stasioner dalam varian, maka dilakukan transformasi agar nilai varian menjadi konstan. Box dan Cox memperkenalkan transformasi pangkat (*power transformations*) dengan persamaan sebagai berikut[6]:

$$T(Z_t) = \frac{(Z_t^\lambda - 1)}{\lambda}, \lambda \neq 0$$

dengan  $\lambda$  disebut sebagai parameter transformasi. Dalam transformasi Box-Cox akan diperoleh  $\lambda$ , dimana nantinya akan menentukan transformasi yang harus dilakukan. Nilai  $\lambda$  beserta aturan transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Tabel 2.1[6] :



**Tabel 2.1** Transformasi Box-cox

Nilai $\lambda$	Transformasi
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0.5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0.0	$\ln Z_t$
0.5	$\sqrt{Z_t}$
1	$Z_t$ (tidak ada transformasi)

Ketidakstasioneran *mean* dapat diatasi dengan melakukan *differencing* (pembedaan). Operator *shift* mundur (*backward shift*) sangat tepat untuk menggambarkan proses *differencing*. Penggunaan *backward shift* adalah sebagai berikut[6]:

$$B^d Z_t = Z_{t-d}$$

dengan:

$$d = 1, 2, \dots, n$$

Notasi  $B$  yang dipasang pada  $Z_t$  mempunyai pengaruh menggeser data di satuan waktu ke belakang. Sebagai contoh, apabila suatu *time series* nonstasioner maka data tersebut dapat dibuat mendekati stasioner dengan melakukan *differencing* orde pertama dari data.

## 2. Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Salah satu kunci dari analisis deret berkala adalah autokorelasi, yaitu korelasi antara deret berkala dengan deret berkala itu sendiri dengan selisih waktu (lag) 0, 1, 2 periode atau lebih. Koefisien autokorelasi dan dapat didekati dengan persamaan [5].

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})^2}$$

dengan:

$\rho_k$  : koefisien autokorelasi pada lag ke- $k$

$Z_t$  : nilai variabel  $Z$  waktu ke  $t$

$\bar{Z}_t$  : rata-rata  $Z_t$

$n$  : jumlah data

Dengan demikian, hubungan koefisien autokorelasi dengan lagnya disebut fungsi autokorelasi atau *autocorrelation function* (ACF).

Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara  $Z_t$  dengan  $Z_{t+k}$ , apabila pengaruh dari lag waktu 1,2,3,..., $k-1$  dianggap terspisah[6]. Nilai autokorelasi parsial dapat dihitung dengan menggunakan persamaan[5]:

$$\hat{\phi}_{kk} = \frac{\hat{\rho}_k - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_j}$$

dengan:

$$\hat{\phi}_{k-1,j} = \hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k,k+1-j}$$

$j : 1, 2, 3, \dots, k$

$\hat{\phi}_{kk}$  : koefisien korelasi antara dua pengubah acak  $Z_t$  dengan  $Z_{t+k}$

Dengan demikian, hubungan koefisien autokorelasi parsial dengan lagnya disebut fungsi autokorelasi parsial atau *partial autocorrelation function* (PACF).

### 2.2.2 Model ARIMA

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah dipelajari secara mendalam oleh George Box dan Gwilym Jenkins pada tahun 1967. Model diterapkan untuk analisis *time series*, peramalan, dan pengendalian. Model *Autoregressive* (AR) pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1926, kemudian dikembangkan oleh Walker. Sedangkan pada tahun 1937, model *Moving Average* (MA) pertama kali digunakan oleh Slutsky. Sedangkan Wold adalah orang pertama yang menghasilkan dasar-dasar teoritis dari proses kombinasi ARMA. Wold membentuk



model ARMA yang dikembangkan untuk mencakup *time series* musiman dan pengembangan sederhana yang mencakup proses-proses nonstasioner (ARIMA)[5].

Model AR( $p$ ) atau regresi diri dari orde  $p$  menyatakan bahwa nilai pengamatan pada periode ke- $t$  ( $Z_t$ ) merupakan hasil regresi dari nilai-nilai pengamatan sebelumnya selama  $p$  periode. Bentuk fungsi persamaannya adalah[5]:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \bar{Z}_{t-p} + a_t$$

Atau dapat ditulis

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \bar{Z}_t = a_t$$

$$\phi_p(B) \bar{Z}_t = a_t$$

Model AR(1), yaitu  $p = 1, d = 0, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + a_t$$

Model AR(2), yaitu  $p = 2, d = 0, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + a_t$$

Model MA ( $q$ ) atau rata-rata bergerak orde  $q$  menyatakan bahwa nilai pengamatan pada periode ke- $t$  ( $Z_t$ ) dipengaruhi oleh  $q$  buah galat sebelumnya. Bentuk fungsi persamaan untuk model MA( $q$ ) adalah[6].

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} + \dots - \theta_q a_{t-q}$$

Atau dapat ditulis  $\bar{Z}_t = \theta(B) a_t$  dimana

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$$

Model MA(1), yaitu  $p = 0, d = 0, q = 1$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Model MA(2), yaitu  $p = 0, d = 0, q = 2$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

Model ARMA adalah gabungan dari model AR dengan MA. Bentuk fungsi persamaan untuk model ARMA( $p, q$ ) adalah[6]:

$$\phi_p(B)\bar{Z}_t = \theta_q(B)a_t$$

dimana  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$

dan  $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$

Model ARMA (1,1), yaitu  $p = 1, d = 0, q = 1$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t - \phi_1 B \bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} \text{ atau,}$$

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} + \phi_1 B \bar{Z}_{t-1}$$

Model ARIMA( $p, d, q$ ) diperkenalkan oleh Box dan Jenkins. Orde  $p$  menyatakan operator dari AR, orde  $d$  menyatakan hasil *differencing* (pembedaan), dan orde  $q$  menyatakan operator dari MA. Bentuk fungsi persamaan dari model ARIMA adalah[7]:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d \bar{Z}_t = \theta_q(B)a_t \quad \dots(2.1)$$

dengan:

$p$  : orde dari AR

$q$  : orde dari MA

$d$  : orde dari *differencing*

$\phi_p$  : koefisien orde  $p$

$\theta_q$  : koefisien orde  $q$

$B$  : *backward shift*

$(1 - B)^d$  : orde *differencing* nonmusiman

$Z_t$  : besarnya pengamatan (kejadian) pada waktu ke-  $t$

$a_t$  : suatu proses *white noise* atau galat pada waktu ke-  $t$

### 2.2.3 Prosedur ARIMA Box-Jenkins

Pada tahap ini, meliputi empat tahapan yaitu identifikasi, penaksiran dan pengujian parameter, pemeriksaan diagnosis, dan peramalan[7]:

#### 1. Identifikasi

Pada tahap ini, dilakukan uji stasioner terhadap *mean* dan *varians*, plot *time series*, plot ACF, dan plot PACF. Sehingga ditetapkan model sementara yang telah ditetapkan berdasarkan lag yang keluar pada plot ACF dan plot PACF.

## 2. Penaksiran dan Pengujian Parameter

Pada penaksiran parameter model ARIMA menggunakan metode *Least Squares* (*Conditional Least Squares*[7]). Metode *Least Squares* merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mencari nilai parameter yang meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan (selisih antara nilai aktual dan peramalan). Sebagai contoh untuk model AR(1) berikut[7]:

$$Z_t - \mu = \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + a_t$$

dengan :

$Z_t$  : nilai variabel  $Z$  waktu ke  $t$

Model *Least Square* untuk AR(1) ditunjukkan dalam persamaan berikut[7]:

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi (Z_{t-1} - \mu)]^2$$

Berdasarkan prinsip dari metode *Least Square*, ditaksir  $\phi$  dan  $\mu$  dengan cara meminimumkan  $S(\phi, \mu)$ . Hal ini dilakukan dengan menurunkan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\mu$  dan  $\phi$  kemudian disama dengankan nol. Turunan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\mu$  menghasilkan:

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi (Z_{t-1} - \mu)](-1 + \phi) = 0$$

Dengan demikian diperoleh nilai estimasi parameter  $\mu$  dari model AR(1) sebagai berikut[7]:

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)}$$

Sedangkan turunan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\phi$  menghasilkan:

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = -2 \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi (Z_{t-1} - \mu)](Z_{t-1} - \mu) = 0$$

Didapatkan nilai estimasi sebagai berikut:

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu)(Z_{t-1} - \mu)]}{\sum_{t=2}^n [(Z_{t-1} - \mu)^2]}$$

Setelah didapatkan nilai estimasi dari masing-masing parameter selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi untuk mengetahui apakah model layak atau tidak untuk digunakan.



Untuk pengujian signifikansi parameter dengan uji *t-student*[7]. Dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesa statistik

Hipotesa:

$H_0$  : estimasi parameter = 0 (parameter model tidak signifikan)

$H_1$  : estimasi parameter  $\neq 0$  (parameter model signifikan)

- b. Menentukan nilai statistik uji

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter}}{\text{st.deviasi parameter}}, \text{ st. Deviasi parameter} \neq 0$$

- c. Menentukan titik kritis berdasarkan nilai  $\alpha$  yang telah ditetapkan

- d. Menentukan kriteria pengujian

Jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}(n-p-1)}$  (nilai  $\alpha = 0.05$ ), maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan. Atau menggunakan nilai *P-value*, jika *P-value*  $< \alpha$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

### 3. Pemeriksaan Diagnostik

Pengujian diagnostik dilakukan setelah pengujian signifikansi parameter model, untuk membuktikan kecukupan model. Asumsi yang harus dipenuhi adalah residual harus bersifat *white noise* dan berdistribusi normal.

- a. Uji Asumsi Residual *White Noise*

*White noise* artinya tidak ada korelasi pada deret residual. Langkah-langkah pengujian asumsi residual bersifat *white noise* menggunakan uji Ljung-Box. Pengujiannya dapat dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesa:

$H_0$  :  $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$  (residual *white noise*)

$H_1$  : minimal ada  $\rho_i \neq 0$  (residual tidak *white noise*)

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{(n-k)}, n > k$$

dengan:



$K$  : lag maksimum

$n$  : jumlah data (observasi)

$\hat{\rho}_k$  : autokorelasi residual untuk lag ke-  $k$

Kriteria Pengujian:

Jika  $Q < X^2_{(a;df=K-p-q)}$  (nilai  $a = 0.05$ ), maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*. Atau menggunakan kriteria *P-value*, jika  $P\text{-value} > a$  maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*.

b. Uji Asumsi Distribusi Normal

Langkah-langkah pengujian asumsi residual distribusi normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov[11].

Hipotesis:

$H_0 : S(x) = F_0(x)$  untuk semua  $x$  (residual berdistribusi normal)

$H_1 : S(x) \neq F_0(x)$  untuk beberapa  $x$  (residual tidak berdistribusi normal)

Statistik Uji:

$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$

dengan:

$D_{hitung}$  : deviasi maksimum

$\sup_x$  : nilai supremum untuk semua  $x$  dari selisih mutlak  $S(x)$  dan  $F_0(x)$

$F_0(x)$  : fungsi distribusi yang dihipotesiskan berdistribusi normal

$S(x)$  : fungsi distribusi kumulatif dari data sampel

Kriteria Pengujian :

Jika  $D_{hitung} < D_{a,n}$  (nilai  $a = 0.05$ ) maka  $H_0$  diterima artinya residual model berdistribusi normal. Atau menggunakan *P-value*  $> a$  maka  $H_0$  diterima artinya residual model berdistribusi normal.

c. *Overfitting*

Salah satu prosedur pemeriksaan diagnostik yang dikemukakan Box-Jenkins adalah *overfitting*, yakni dengan menambah satu atau lebih parameter dalam model yang dihasilkan pada tahap identifikasi. Model yang dihasilkan dari

hasil *overfitting* dijadikan sebagai model alternatif yang kemudian dicari model yang terbaik diantara model-model yang signifikan.

#### 2.2.4 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Pada tahap ini ditemukan model yang sesuai, namun bukan model yang terbaik, sehingga perlu dicari model terbaik diantara model-model yang sesuai. Hasil ramalan dikatakan baik apabila memiliki tingkat kesalahan yang kecil, artinya nilai ramalan mendekati nilai aktualnya. Berikut ini adalah kriteria pemilihan model terbaik sebelum dilakukan peramalan[6]:

##### 1. AIC (*Akaike Information Criterion*)

Suatu kriteria pemilihan model terbaik yang mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Kriteria AIC dapat dirumuskan sebagai berikut[7]:

$$AIC(M) = n \ln \frac{SSE}{n} + 2f + n + n \ln(2\pi)$$

dengan:

$f$  : banyak parameter dalam model

$n$  : banyaknya pengamatan

$SSE$  : *Sum Square Error*

$\ln$  : natural log

##### 2. SBC (*Schwarz Bayesian Criterion*)

Suatu kriteria pemilihan model terbaik yang mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Kriteria SBC dapat dirumuskan sebagai berikut[7]:

$$SBC(M) = n \ln \frac{SSE}{n} + f \ln n + n + n \ln(2\pi)$$

dengan:

$f$  : banyak parameter dalam model

$n$  : banyaknya pengamatan

$SSE$  : *Sum Square Error*

$\ln$  : natural log

## 2.3 Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi adalah suatu kegiatan yang berkenaan dengan penentuan apa yang harus di produksi, berapa banyak di produksi, kapan di produksi dan apa sumber daya yang dibutuhkan untuk mendapatkan produk yang telah di tentukan. Pengendalian produksi adalah fungsi mengarahkan atau mengatur pergerakan material (bahan, *part*/komponen dan produk) melalui seluruh siklus *manufacturing* mulai dari permintaan bahan baku pada sampai pengiriman produk akhir kepada pelanggan. Perencanaan produksi mempersiapkan rencana produksi mulai dari tingkat agregat untuk seluruh pabrik yang meliputi perkiraan permintaan pasar, dan proyeksi penjualan[8].

Dalam pengadaan produk jadi, terdapat beberapa faktor yang saling berkaitan antara satu sama lain. Namun dengan demikian secara bersama-sama akan mempengaruhi jumlah persediaan produk jadi yang ada diperusahaan[9]. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Perkiraan permintaan
2. Biaya produksi
3. Biaya- biaya persedian

Sebelum perusahaan yang bersangkutan mengadakan produksi kembali terhadap hasil produksi, maka selayaknya manajemen perusahaan mengadakan penyusunan, dengan berdasarkan pada perencanaan produksi atau pada jadwal produksi yang telah direncanakan[9]. Ada tiga kategori biaya yang digunakan dalam produksi yaitu:

1. Biaya bahan langsung (*direct material cost*)
2. Biaya tenaga kerja langsung (*direct laboroost*)
3. Beban Pabrik (*overhead cost*) meliputi:
  - a. Biaya tenaga kerja tak langsung
  - b. Biaya bahan tidak langsung
  - c. Biaya fabrikasi

Secara umum dapat dikatakan bahwa biaya sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai



akibat adanya persediaan. Biaya dalam sistem pengendalian persediaan terdiri atas:

1. Biaya Pembelian (*Purchasing Cost*)

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang. Besarnya biaya pembelian ini tergantung pada jumlah barang yang dibeli dan harga satuan barang. Biaya pembelian menjadi faktor penting ketika harga barang yang dibeli tergantung pada ukuran pembelian. Situasi ini akan diistilahkan sebagai *quantity discount* atau *price break* dimana harga barang per unit akan turun bila jumlah barang yang dibeli meningkat. Dalam kebanyakan teori persediaan, komponen biaya pembelian tidak dimasukkan kedalam biaya total sistem persediaan karena diasumsikan bahwa harga barang per unit tidak dipengaruhi oleh jumlah barang yang dibeli sehingga komponen biaya pembelian untuk periode waktu tertentu (misalnya satu tahun) konstan dan hal ini tidak akan mempengaruhi jawaban optimal tentang berapa banyak barang yang harus dipesan.

2. Biaya Pengadaan (*Procurement Cost*)

Biaya pengadaan dibedakan atas 2 jenis sesuai asal-usul barang, yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*) bila barang yang diperlukan diperoleh dari pihak luar (*supplier*) dan biaya pembuatan (*set up*) bila barang diperoleh dengan memproduksi sendiri. Secara rinci biaya pengadaan bisa dibedakan menjadi:

a. Biaya Pemesanan (*Ordering Cost*)

Biaya pemesanan adalah semua pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar. Biaya ini meliputi biaya untuk menentukan pemasok (*supplier*), pengetikan pesanan, pengiriman pesanan, biaya pengangkutan, biaya penerimaan, dan seterusnya. Biaya ini diasumsikan konstan untuk setiap kali pesan.

b. Biaya Pembuatan (*Set up Cost*)

Biaya pembuatan adalah semua pengeluaran yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang. Biaya ini timbul di dalam pabrik yang meliputi biaya menyusun peralatan



produksi, menyetel mesin, mempersiapkan gambar kerja, dan seterusnya. Kedua biaya tersebut mempunyai peran yang sama, yaitu pengadaan barang, sehingga kedua biaya tersebut disebut sebagai biaya pengadaan (*procurement cost*).

### 3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost / Carrying Cost*)

Biaya simpan adalah semua pengeluaran yang timbul akibat menyimpan barang, yaitu meliputi :

- a. Biaya Modal Penumpukan barang digudang berarti penumpukan modal, dimana modal perusahaan mempunyai ongkos (*expense*) yang dapat diukur dengan suku bunga bank. Oleh karena itu, biaya yang ditimbulkan karena memiliki persediaan harus diperhitungkan dalam biaya sistem persediaan. Biaya memiliki persediaan diukur sebagai persentase nilai persediaan untuk periode waktu tertentu.
- b. Biaya Gudang Barang yang disimpan memerlukan tempat penyimpanan sehingga timbul biaya gudang. Bila gudang dan peralatannya disewa maka biaya gudangnya merupakan biaya sewa, sedangkan bila perusahaan mempunyai gudang sendiri maka biaya gudang merupakan biaya depresiasi.
- c. Biaya Kerusakan dan Penyusutan Barang yang disimpan dapat mengalami kerusakan dan penyusutan karena beratnya berkurang ataupun jumlahnya berkurang karena hilang. Biaya kerusakan dan penyusutan biasanya diukur dari pengalaman sesuai dengan persentasenya.
- d. Biaya Kadaluwarsa (*Absolence*) Barang yang disimpan dapat mengalami penurunan nilai karena perubahan teknologi dan model seperti barang-barang elektronik. Biaya kadaluwarsa biasanya diukur dengan besarnya penurunan nilai jual dari barang tersebut.
- e. Biaya Asuransi Barang yang disimpan diasuransikan untuk menjaga dari hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebakaran. Biaya asuransi tergantung jenis barang yang diasuransikan dan perjanjian dengan perusahaan asuransi.

f. Biaya Administrasi dan Pemindahan Biaya ini dikeluarkan untuk mengadministrasi persediaan barang yang ada, baik pada saat pemesanan, penerimaan barang maupun penyimpanannya, dan biaya untuk memindahkan barang dari, ke dan didalam tempat penyimpanan, termasuk upah buruh, dan biaya peralatan handling. Dalam manajemen persediaan, terutama yang berhubungan dengan masalah kuantitatif, biaya simpan per unit diasumsikan linier terhadap jumlah barang yang disimpan.

#### 4. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost / Shortage Cost*)

Bila perusahaan kehabisan barang pada saat ada permintaan, maka akan terjadi keadaan kekurangan persediaan. Keadaan ini akan menimbulkan kerugian karena proses produksi akan terganggu dan kehilangan kesempatan mendapatkan keuntungan atau kehilangan konsumen pelanggan karena kecewa sehingga beralih ke tempat lain. Biaya ini sering juga disebut dengan biaya kesempatan (*opportunity cost*). Biaya kekurangan persediaan dapat diukur dari:

- a. Kuantitas yang tidak dapat dipenuhi Biasanya diukur dari kerugian yang hilang karena tidak dapat memenuhi permintaan atau dari kerugian akibat terhentinya proses produksi. Kondisi ini diistilahkan sebagai biaya pinalti (p) atau hukuman kerugian bagi perusahaan.
- b. Waktu pemenuhan Lamanya gudang kosong berarti lamanya proses produksi terhenti atau lamanya perusahaan tidak mendapatkan keuntungan, sehingga waktu menganggur tersebut dapat diartikan sebagai uang yang hilang. Biaya waktu pemenuhan diukur berdasarkan waktu yang diperlukan untuk memenuhi gudang.
- c. Biaya pengadaan darurat Supaya konsumen tidak kecewa maka dapat dilakukan pengadaan darurat yang biasanya menimbulkan biaya yang lebih besar dari pengadaan normal. Kelebihan biaya dibandingkan pengadaan normal ini dapat dijadikan ukuran untuk menentukan biaya kekurangan persediaan. Ada perbedaan pengertian antara biaya persediaan

aktual yang dihitung secara akuntansi dengan biaya persediaan yang digunakan dalam menentukan kebijaksanaan persediaan. Biaya persediaan yang diperhitungkan dalam penentuan kebijaksanaan persediaan hanyalah biaya-biaya yang bersifat variabel (*incremental cost*), sedangkan biaya yang bersifat *fixed* seperti biaya pembelian tidak akan mempengaruhi hasil optimal yang diperoleh sehingga tidak perlu diperhitungkan.

## 2.4 Perencanaan *Economic Production Quantity (EPQ)*

Apabila suatu perusahaan memproduksi suatu barang dengan permintaan konstan dan dimasukkan ke dalam inventory, maka *Economic Order Quantity* dapat dicari dengan model EPQ, dimana *order cost* pada metode EOQ diganti dengan *set-up cost*. Yang dimaksud *set-up cost* adalah biaya yang diperlukan untuk mempersiapkan *equipment* atau stasiun kerja untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Model EPQ digunakan mencakup asumsi bahwa unit-unit ditambahkan dalam inventory saat produksi dalam proses[10].

Tujuan dari model EPQ adalah untuk menentukan berapa jumlah bahan baku (komponen) yang harus di produksi, sehingga meminimasi biaya persediaan yang terdiri dari biaya *set-up* produksi dan biaya simpan. Jika *stock out* produksi dianggap tidak ada, maka total biaya produksi sebagai berikut:

Total Biaya Produksi = Biaya Produksi + Biaya *set-up* + Biaya Simpan

$$\overline{TC} = PR + \frac{SR}{Q} + \left(\frac{HQ}{2}\right)\left(1 - \frac{r}{p}\right) \quad \dots(2.2)$$

$$\overline{TC} = PR + \frac{SR}{Q} + \frac{HQ(p-r)}{2p} \quad \dots(2.3)$$

dengan:

$\overline{TC}$  : Biaya produksi

$P$  : Biaya produksi perunit

$R$  : Permintaan pertahun dalam unit

$S$  : Biaya set up per run

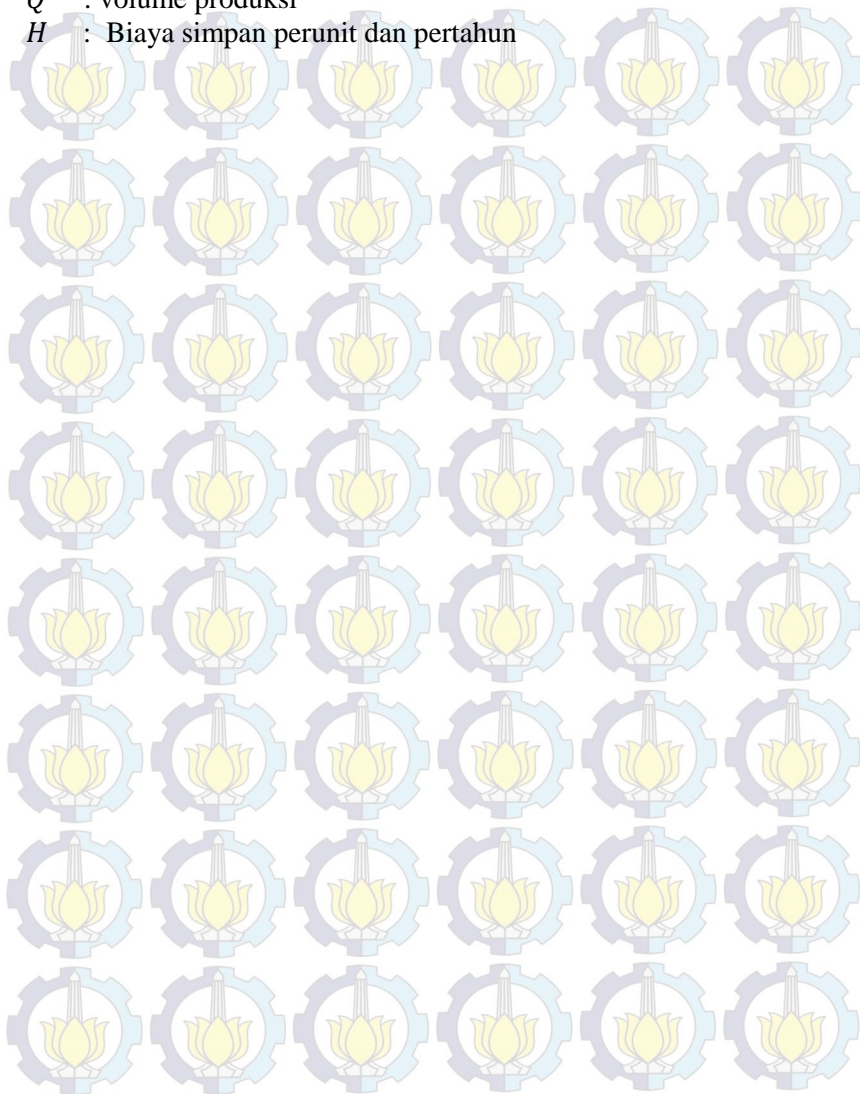
$p$  : rata-rata produksi



$r$  : rata-rata permintaan

$Q$  : volume produksi

$H$  : Biaya simpan perunit dan pertahun





## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan metode yang digunakan dalam Tugas Akhir agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses pengerjaan terdiri dari sumber data dan langkah-langkah analisis.

#### **3.1 Pengumpulan Data**

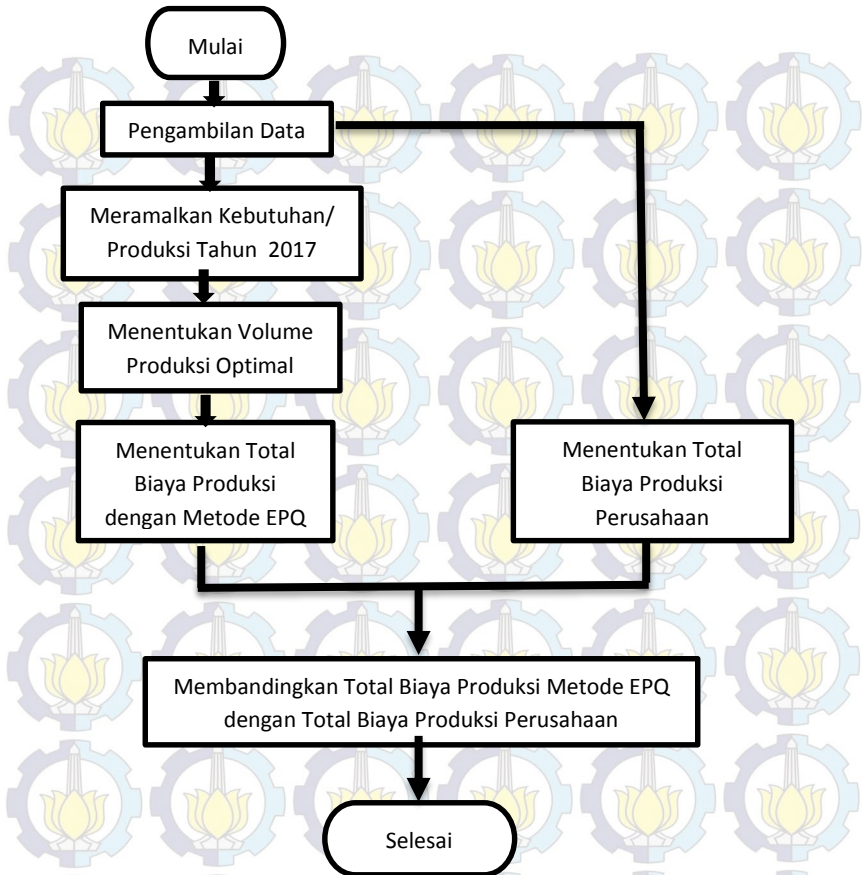
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data mingguan penjualan plywood periode bulan Januari tahun 2015 sampai bulan Desember tahun 2016 dan data biaya kebutuhan produksi yang diperoleh dari PT. Linggarjati Mahardika Mulia.

#### **3.2 Langkah-Langkah Analisis**

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan analisis diantaranya sebagai berikut:

1. Meramalkan kebutuhan plywood tahun 2017 di PT. Linggarjati Mahardika Mulia dengan menggunakan metode ARIMA Box-Jenskin berdasarkan data penjualan masa lalu dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Identifikasi model.
  - b. Estimasi dan pengujian parameter.
  - c. Pemeriksaan Diagnostik.
  - d. Meramalkan kebutuhan plywood tahun 2017.
2. Menentukan komponen biaya meliputi biaya produksi per-unit, biaya *set-up*, dan biaya simpan.
3. Menentukan jumlah volume produksi optimal.
4. Menentukan total biaya produksi dengan metode EPQ.
5. Membandingkan total biaya produksi metode EPQ dengan total biaya produksi perusahaan.

Secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alur Metodologi Penelitian

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis deret berkala dari data penjualan plywood pada PT. Linggarjati Mahardika Mulia, identifikasi model ARIMA yang sesuai. Dilakukan uji statistika yang meliputi uji signifikansi parameter serta uji *white noise* dan distribusi normal terhadap residual untuk menentukan model peramalan yang baik. Selain itu juga, menentukan volume produksi yang optimal, serta menghitung *total annual cost*.

### 4.1 Variabel dan Data Penelitian

$Z_t$  adalah hasil penjualan plywood pada minggu  $t$ . Mulai minggu pertama bulan Januari 2015 sampai dengan Desember 2016 yang bersumber dari PT. Linggarjati Mahardika Mulia, seperti tersebut pada Lampiran A. Kebutuhan bahan baku pada PT. Linggarjati Mahardika Mulia meliputi: log, resin, tepung galek, tepung industri, hardener, gumed tape, dan realing tape. *Consumption rate* untuk setiap pembuatan satu plywood dari pihak PT. Linggarjati Mahardika Mulia adalah seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** *Consumption Rate* untuk Pembuatan Satu Plywood

No	Nama Bahan Baku	Satuan	<i>Consumption Rate</i>
1	Log	$m^3$	0,0232
2	Resin	Kg	1,64
3	Tepung Galek	Kg	0,36
4	Tepung Industri	Kg	0,19
5	Hardener	Kg	0,01
6	Gamed Tape	M	13
7	Realing Tape	M	3,68

Kebijakan PT. Linggarjati Mahardika Mulia untuk total biaya produksi tahun 2017 sama dengan biaya produksi tahun 2016 ditambah 15% dari tahun 2016.

#### 4.2 Kajian Volume Produksi Optimal dan *Total Annual Cost*

Untuk menentukan volume produksi optimal, dapat dilakukan dengan mencari turunan pertama dari persamaan (2.3) terhadap  $Q$  dan menjadikan ruas yang kanan sama dengan nol. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{d\overline{TC}(Q)}{dQ} = 0, \text{ maka}$$

$$\frac{d\overline{TC}(Q)}{dQ} = -\frac{SR}{Q^2} + \frac{H(p-r)}{2p} = 0$$

$$\frac{H(p-r)}{2p} = \frac{SR}{Q^2}$$

$$Q^2 H(p-r) = 2SRp$$

$$Q^2 = \frac{2SRp}{H(p-r)}$$

$$Q = \pm \sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}}$$

Karena  $Q$  merupakan volume produksi optimal, sehingga untuk yang bernilai negatif tidak memenuhi, sehingga rumusan volume produksi optimal yaitu:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}}$$

dengan:

$Q^*$  : volume produksi optimal

Untuk menghitung total biaya minimum produksi dengan  $Q^*$  dimasukan ke dalam persamaan (2.2), sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$\overline{TC}(Q) = PR + \frac{SR}{\sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}}} + \left( \frac{H \sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}}}{2} \right) \left( 1 - \frac{r}{p} \right)$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + \left( \frac{\sqrt{S^2 R^2}}{\sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}}} \right) + \left( \frac{\frac{H^2 2SRp}{H(p-r)}}{2} \right) \left( 1 - \frac{r}{p} \right)$$



$$\overline{TC}(Q) = PR + \left( \sqrt{\frac{RHS(p-r)}{2p}} \right) + \left( \frac{\sqrt{\frac{HzSRp}{(p-r)}}}{2} \right) \left( \frac{p-r}{p} \right)$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + \left( \sqrt{\frac{RHS(p-r)}{2p}} \right) + \left( \sqrt{\frac{RHS(p-r)}{2p}} \right)$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + 2 \sqrt{\frac{RHS(p-r)}{2p}}$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + \sqrt{\frac{4RH^2Sp(p-r)^2}{2Hp^2(p-r)}}$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + \sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}} H \frac{(p-r)}{p}$$

$$\overline{TC}(Q) = PR + \frac{HQ^*(p-r)}{p}$$

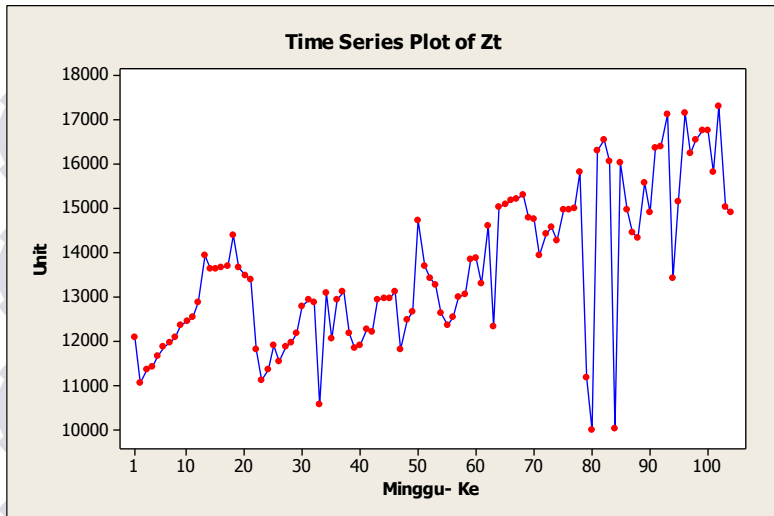
### 4.3 Model ARIMA Box-Jenkins

Sebelum melakukan analisa untuk menentukan model terbaik. Syarat utama suatu data dapat diramalkan dengan metode ARIMA Box-Jenkins adalah data harus stasioner terhadap *mean* maupun *varians*. Secara visual, kestasioneran data *time series plot* dapat digunakan untuk mengetahui pola-pola dari data penjualan plywood, selain itu berdasarkan *time series plot* juga dapat diketahui kestasioneran data secara visual.

Berikut ini dijelaskan mengenai langkah-langkah model ARIMA.

#### 1. Tahap Identifikasi

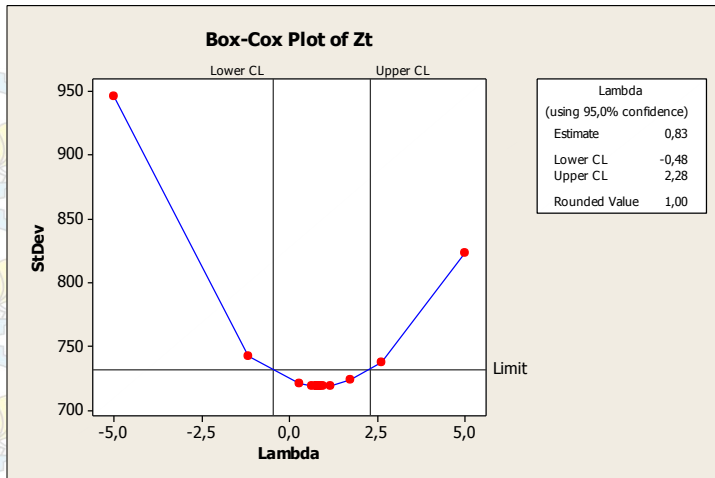
Pada tahap identifikasi diawali dengan melihat apakah data sudah stasioner dalam *mean* dan *varians*. Kestasioneran dapat dilihat dari plot data deret berkala. Data yang digunakan untuk membuat *time series plot* adalah data  $Z_t$ . Bentuk *time series plot* dari data  $Z_t$  dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1:



**Gambar 4.1** Time Series Plot  $Z_t$  Tahun 2015- 2016

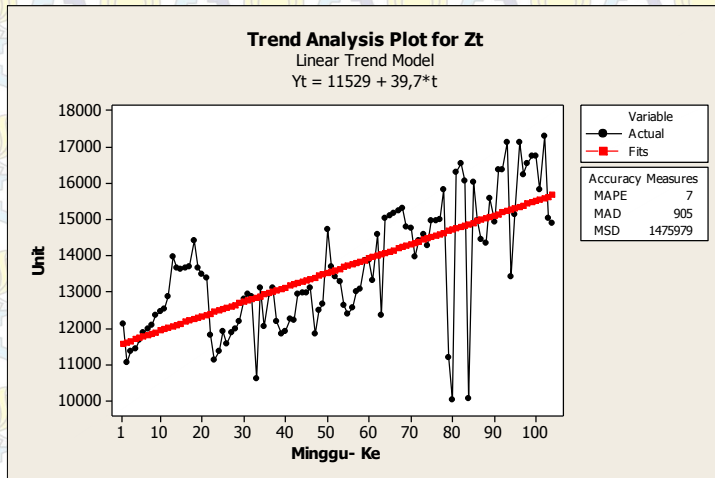
Setelah membuat *time series plot*, dilakukan pengujian kestasioneran data  $Z_t$  diolah dengan *software* Minitab dan Eviews untuk memperoleh model ARIMA yang sesuai. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melihat kestasioneran data, karena syarat pembentukan model analisis *time series* adalah data dalam keadaan stasioner. *Time Series* dikatakan stasioner apabila stasioner dalam *mean* dan *varians*[9].

Kestasioneran data terhadap *varians* dapat dilihat dari hasil transformasi Box-Cox dimana dikatakan stasioner apabila *rounded value*-nya adalah 1. Dari Gambar 4.2 dapat dilihat pada kotak dialog bahwa nilai *lambda* dengan nilai kepercayaan 95% berada diantara -0,48 dan 2,28, dengan nilai *estimate* sebesar 0,83 dan *rounded value* 1,0. Hal ini berarti data  $Z_t$  telah stasioner terhadap *varians* karena *rounded value* sama dengan 1. Sehingga data tersebut tidak perlu distasionerkan dengan menggunakan transformasi Box-Cox.



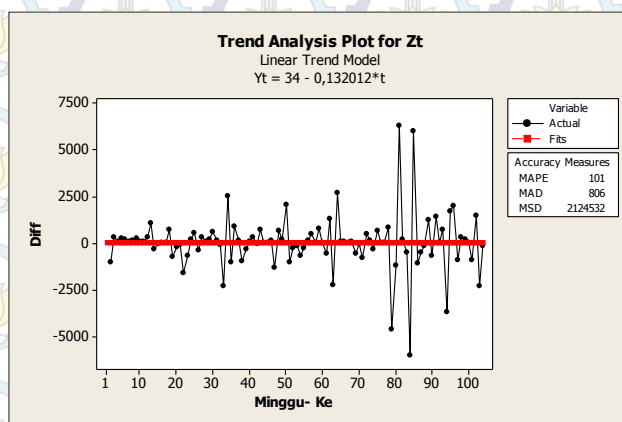
**Gambar 4.2** Box-Cox Plot  $Z_t$  sudah stasioner dalam *varians*.

Setelah melihat kestasioneran dalam *varians*, maka akan dilihat apakah data telah stasioner dalam *mean*. Kestasioneran dalam *mean* dapat dilihat dari plot *trend analysis*. Hasil plot dapat dilihat pada Gambar 4.3 dengan minitab diperoleh:



**Gambar 4.3** Trend Analysis Plot Data belum stasioner

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa data tersebut tidak pada pola yang teratur dan cenderung fluktuatif, artinya data penjualan tersebut tidak stasioner terhadap *mean*. Untuk mencapai stasioner terhadap *mean* diperlukan *differencing* (pembedaan). Setelah *differencing* pertama dilakukan, data tersebut dibuat plot *trend analysis*. Plot *trend analysis* data hasil *differencing* pertama dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** *Trend Analysis Plot* Data sudah stasioner

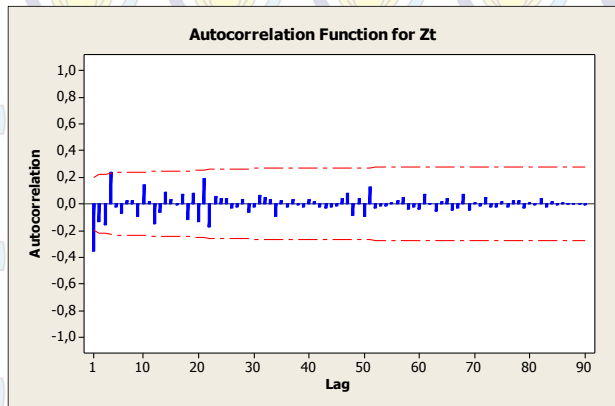
Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa data telah stasioner dalam *mean*, terlihat dari rata-rata deret pengamatan yang berfluktuasi di sekitar nilai tengah. Karena data telah stasioner terhadap *mean* dan *varians*, maka uji stasionertitas data sudah selesai.

Setelah data stasioner, langkah selanjutnya yang dilakukan untuk pemodelan ARIMA adalah mendapatkan model ARIMA sementara untuk data  $Z_t$ . Plot ACF ditunjukkan pada Gambar 4.5, sedangkan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.6.

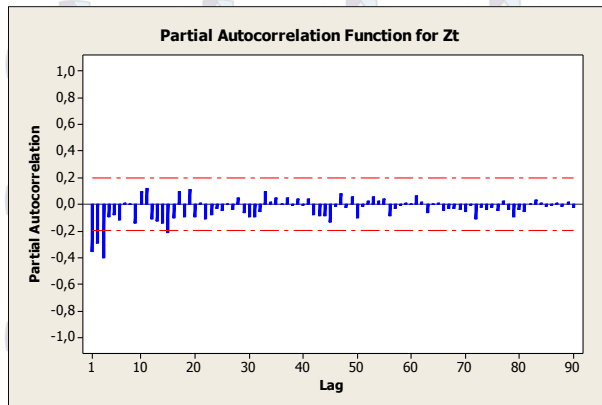
Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 dengan merujuk pada hasil *differencing*, maka plot ACF dan PACF  $Z_t$  dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Pada plot ACF dapat diamati bahwa terdapat 2 lag yang berbeda nyata dari nol, yaitu lag 1 dengan koefisien autokorelasi  $-0.353770$ , dan lag 4 dengan koefisien autokorelasi  $0.236036$ . Sedangkan pada plot PACF terdapat 4 lag



yang berbeda nyata dari nol, yaitu lag 1 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.353770$ , lag 2 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.295061$ , lag 3 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.404194$ , dan lag 15 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.214955$ . Berdasarkan plot ACF yang tampak menonjol adalah lag 1 dan lag 4 sedangkan plot PACF yang tampak menonjol adalah lag 1, lag 2, lag 3, dan lag 15 dapat ditentukan dugaan model sementara ARIMA  $([1,2,3,15],1,[1,4])$ .



**Gambar 4.5** Plot ACF  $Z_t$



**Gambar 4.6** Plot PACF  $Z_t$

## 2. Estimasi dan Pengujian Parameter Model

Berdasarkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 model sementara yang dapat diduga adalah model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4]). Setelah diidentifikasi dugaan model sementara, Selanjutnya dibahas estimasi parameter data uji signifikan parameter untuk model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4]). Hasil estimasi parameter model dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan untuk lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

**Tabel 4.2** Hasil Estimasi dan Pengujian Parameter Model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4])

Parameter	Estimasi Parameter	Std Error	t-hitung	Prob
$\phi_1$	0,240349	0,111642	2,152860	0,0343
$\phi_2$	0,029958	0,110973	0,269960	0,7879
$\phi_3$	0,087991	0,110984	0,792819	0,4302
$\phi_{15}$	0,223613	0,093011	2,404150	0,0185
$\theta_1$	-0,988063	0,020688	-47,76079	0,0000
$\theta_4$	0,415241	0,015168	27,37590	0,0000

Pengujian parameter model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4]) dilakukan dengan menggunakan uji-t *student*, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menguji parameter AR(1) =  $\phi_1$

Hipotesis:

$H_0: \phi_1 = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \phi_1 \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned}
 t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_1}{st.(\hat{\phi}_1)} \\
 &= \frac{0,240349}{0,111642} \\
 &= 2,152860
 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$

Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

b. Menguji parameter  $AR(2) = \phi_2$

Hipotesis:

$H_0: \phi_2 = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \phi_2 \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_2}{st.(\hat{\phi}_2)} \\ &= \frac{0,029958}{0,110973} \\ &= 0,269960 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$

Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter tidak model signifikan.

c. Menguji parameter  $AR(3) = \phi_3$

Hipotesis:

$H_0: \phi_3 = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \phi_3 \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_3}{st.(\hat{\phi}_3)} \\ &= \frac{0,087991}{0,110984} \\ &= 0,792819 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$

Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter tidak model signifikan.

d. Menguji parameter AR(15) =  $\phi_{15}$

Hipotesis:

$H_0: \phi_{15} = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \phi_{15} \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_{15}}{st.(\hat{\phi}_{15})} \\ &= \frac{0,223613}{0,093011} \\ &= 2,404150 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$

Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

e. Menguji parameter AR(1) =  $\theta_1$

Hipotesis:

$H_0: \theta_1 = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \theta_1 \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\theta}_1}{st.(\hat{\theta}_1)} \\ &= \frac{-0,988063}{0,020688} \\ &= -47,76079 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$



Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

f. Menguji parameter  $AR(4) = \theta_4$

Hipotesis:

$H_0: \theta_4 = 0$  (parameter model tidak signifikan).

$H_1: \theta_4 \neq 0$  (parameter model signifikan).

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\theta}_4}{st.(\hat{\theta}_4)} \\ &= \frac{0,415241}{0,015168} \\ &= 27,37590 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 5\%$

$$t_{tabel} = t_{0,025;99} = 1,98422$$

Kriteria Pengujian:

Karena  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, parameter  $AR(2)$ ,  $AR(3)$  tidak signifikan dalam model, sedangkan parameter  $AR(1)$ ,  $AR(15)$ ,  $MA(1)$ ,  $MA(4)$  signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa model tidak signifikan.

### 3. Pemeriksaan Diagnostik

Dalam menentukan model  $ARIMA$  yang baik, model harus memenuhi dua asumsi residual yaitu *white noise* dan berdistribusi normal. Berikut ini merupakan pemeriksaan diagnostik terhadap model  $ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4])$ .

a. *White Noise*

Hipotesis:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_8 = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \rho_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1,2,3,4,5,6,7,8$$

Statistik Uji:

Dengan menggunakan persamaan (2.9) maka didapatkan,

$$\begin{aligned} Q &= n(n+2) \sum_{k=1}^8 \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k} \\ &= 88(88+2) \left( \frac{(-0,067)^2}{88-1} + \frac{(-0,061)^2}{88-2} + \dots + \frac{(0,034)^2}{88-8} \right) \\ &= 3,46225 \\ \chi^2_{(0,05;8-4-2)} &= 5,991 \end{aligned}$$

Dengan  $\alpha = 0,05$ , karena nilai  $Q < \chi^2_{(0,05;8-4-2)}$  maka  $H_0$  diterima artinya residual bersifat *white noise*.

b. Distribusi Normal

Hipotesa:

$H_0: F(x) = F_0(x)$  (residual berdistribusi normal)

$H_1: F(x) \neq F_0(x)$  (residual tidak berdistribusi normal)

Statistik Uji:

Dengan menggunakan persamaan (2.10) maka didapatkan,

$$\begin{aligned} D_{hitung} &= \sup_x |S(x) - F_0(x)| \\ &= 0,0842 \end{aligned}$$

$$D_{0,05;88} = 0,145$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0,05$ , karena nilai  $D_{hitung} = 0,0842 < D_{0,05;88} = 0,145$  maka  $H_0$  diterima artinya residual berdistribusi normal.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa model ARIMA  $([1,2,3,15], 1, [1,4])$  merupakan model yang tidak sesuai. Selanjutnya dilakukan *overfitting* untuk mendapatkan model-model lain yang sesuai. Model yang dihasilkan dari hasil *overfitting* dijadikan model alternatif yang kemudian dicari model yang terbaik diantara model-model yang lain. Berdasarkan plot ACF dan PACF, memungkinkan untuk mengikuti lebih dari satu model ARIMA  $(p, 1, q)$ . Hasil *overfitting* dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

Dengan demikian, dari Tabel 4.3 terdapat model ARIMA (3,1,0) dan model ARIMA ([1,15],1,[1,4]) merupakan model yang baik, karena memenuhi uji signifikansi parameter, uji asumsi white noise dan residual berdistribusi normal.

**Tabel 4.3** *Overfitting* Model ARIMA

Model ARMA	Uji Signifikansi	Uji Asumsi White Noise	Residual Berdistribusi Normal
ARIMA ([1,2,3,15],1,1)	Tidak Signifikan	White Noise	Distribusi Normal
ARIMA (3, 1, 1)	Tidak Signifikan	White Noise	Distribusi Normal
ARIMA ([1,3]), 1, 1)	Tidak Signifikan	White Noise	Distribusi Normal
ARIMA ([1,2,3,15], 1, 0)	Tidak Signifikan	White Noise	Distribusi Normal
<b>ARIMA (3, 1, 0)</b>	<b>Signifikan</b>	<b>White Noise</b>	<b>Distribusi Normal</b>
<b>ARIMA ([1,15], 1,[1,4])</b>	<b>Signifikan</b>	<b>White Noise</b>	<b>Distribusi Normal</b>

Model terbaik adalah model yang memenuhi nilai AIC dan SBC paling kecil. Memiliki nilai AIC dn SBC yang terkecil dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Nilai AIC dan SBC model ARIMA

Model ARIMA	Uji Signifikan	Uji Asumsi White Noise	Uji Residual Normal	AIC	SBC
<b>ARIMA (3, 1, 0)</b>	<b>Signifikan</b>	<b>White Noise</b>	<b>Dist Normal</b>	<b>17,08056</b>	<b>17,15871</b>
ARIMA ([1,15], 1,[1,4])	Signifikan	White Noise	Dist Normal	17,08696	17,19956

Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa model ARIMA yang memenuhi uji signifikansi, uji *white noise*, residual berdistribusi normal dan



memiliki nilai AIC dan SBC terkecil adalah model ARIMA (3,1,0) dengan nilai AIC sebesar 17,08056 dan SBC sebesar 17,15871. sehingga model yang terbaik adalah model ARIMA(3,1,0).

#### 4. Hasil Peramalan Kebutuhan Plywood Tahun 2017

Untuk hasil peramalan dari penjualan plywood PT.Linggarjati Mahardika Mulia dapat di lihat pada Lampiran D. Untuk merumuskan bentuk model matematika dengan menggunakan persamaan (2.1). diperoleh model ARIMA dari penjualan PT. Linggarjati Mahardika Mulia sebagai berikut:

$$(1 - \phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3)(Z_t - BZ_t) = a_t$$

atau

$$(1 - \phi_1 Z_{t-1} - \phi_2 Z_{t-2} - \phi_3 Z_{t-3})(Z_t - Z_{t-1}) = a_t$$

atau

$$Z_t - Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-2} + \phi_2 Z_{t-3} - \phi_3 Z_{t-3} + \phi_3 Z_{t-4} = a_t$$

atau

$$Z_t = Z_{t-1} + \phi_1 Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + \phi_2 Z_{t-2} - \phi_2 Z_{t-3} + \phi_3 Z_{t-3} - \phi_3 Z_{t-4} + a_t$$

atau

$$Z_t = Z_{t-1} + (-0,583246)Z_{t-1} - (-0,583246)Z_{t-2} + (-0,492302)Z_{t-2} - (-0,492302)Z_{t-3} + (-0,414399)Z_{t-3} - (-0,414399)Z_{t-4} - a_t$$

atau

$$Z_t = (0,416754)Z_{t-1} + (0,090944)Z_{t-2} + (0,077903)Z_{t-3} + (0,414399)Z_{t-4} + a_t$$

#### 4.4 Menentukan Komponen Biaya

Komponen biaya meliputi dari kebutuhan bahan baku untuk setiap produksi satu plywood, biaya produksi per-unit, biaya *set-up*, dan biaya simpan. Untuk komponen biaya sebagai berikut:



#### 4.4.1 Kebutuhan Bahan Baku Untuk Tahun 2017

Perhitungan kebutuhan bahan baku untuk setiap produksi satu plywood dapat dihitung dengan mengalikan jumlah produksi dengan *consumption rate* yang digunakan disetiap bahan baku dari PT. Linggarjati Mahardika Mulia dapat di lihat di Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** *Consumption Rate* Setiap Bahan Baku

Bahan Baku	<i>Consumption Rate</i>
Log	0,0232 $m^3$ untuk setiap produksi 1 plywood
Resin	1,64 Kg untuk setiap produksi 1 plywood
Tepung Industri	0,19 Kg untuk setiap produksi 1 plywood
Tepung Gapek	0,36 Kg untuk setiap produksi 1 plywood
Hardener	0,01 Kg untuk setiap produksi 1 plywood
Realing Tape	2,68 m untuk setiap produksi 1 plywood
Gamed Tape	13 m untuk setiap produksi 1 plywood

Dengan *consumption rate* untuk setiap bahan baku dapat ditentukan kebutuhan bahan baku untuk Tahun 2017 dapat di lihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Kebutuhan Bahan Baku Tahun 2017

Kebutuhan	Satuan	Volume
Peramalan	Plywood	809.291,00
Log	$m^3$	18.775,55
Resin	Kg	1.327.237,24
Tepung Industri	Kg	153.765,29
Tepung Gapek	Kg	291.434,00
Hardener	Kg	8.092,91
Realing Tape	m	2.168.899,88
Gamed Tape	m	10.520.783,00

#### 4.4.2 Perhitungan Biaya Produksi

Biaya Produksi terdiri dari biaya produksi perunit, biaya set-up, dan biaya simpan. Untuk mengetahui biaya produksi lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran E.

##### 1. Biaya Produksi per Unit

Biaya Produksi diperoleh dari penjumlahan dari biaya bahan baku langsung, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya overhead. Untuk biaya tiap bahan baku terdapat pada Lamipran E. Rincian biaya bahan baku untuk setiap pembuat satu buah plywood dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Biaya Bahan Baku untuk Setiap Pembuatan Satu Plywood

No	Nama Bahan Baku	Satuan	Biaya (Rp)
1	Log	$m^3$	20.370
2	Resin	Kg	9.020
3	Tepung Industri	Kg	561
4	Tepung Gaplek	Kg	1.044
5	Hardener	Kg	105
6	Realing Tape	m	322
7	Gamed Tape	m	1.659
<b>Jumlah (Rp)</b>			<b>33.801</b>

Sehingga untuk biaya bahan baku langsung untuk pembuatan setiap plywood adalah sebesar Rp.33.801.

Biaya tenaga kerja langsung terdiri dari biaya tenaga kerja 17 mandor dan biaya tenaga kerja 445 karyawan. Untuk rincian biaya tenaga kerja langsung sebagai berikut:

a. Biaya tenaga kerja 17 mandor

$$= \text{Rp. } 2.450.000,00 \times 17 \text{ orang} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 449.800.000$$

b. Biaya tenaga kerja 445 karyawan

$$= \text{Rp. } 1.389.000,00 \times 445 \text{ orang} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 7.417.260.000$$

Sehingga untuk biaya tenaga kerja per unit adalah sebesar

$$= \frac{\text{Rp. } 7.917.060.000}{809291} = \text{Rp. } 9.783$$

Biaya *overhead* terdiri dari biaya minyak solar, biaya olie hidrolik, biaya olie *gearbook*, biaya olie *thermo*, biaya olie mesin, biaya pisau *rotary 5 foot*, biaya pisau *rotary 9 foot* dan biaya listrik selama satu tahun. Untuk rincian biaya *overhead* selama satu tahun sebagai berikut:

- a. Biaya minyak solar  
= Rp. 5.150 x 52 minggu x 320 liter = Rp. 93.730.000
- b. Biaya Olie Hidrolik  
= Rp. 23.000 x 12 bulan x 40 liter = Rp. 11.040.000
- c. Biaya Olie *gearbook*  
= Rp. 65.000 x 12 bulan x 10 liter = Rp. 7.800.000
- d. Biaya Olie *Thermo*  
= Rp. 21.000 x 12 bulan x 40 liter = Rp. 25.200.000
5. Biaya Olie Mesin  
= Rp. 36.000 x 12 bulan x 30 liter = Rp. 12.960.000
- e. Biaya Pisau Rotary 5 Foot  
= Rp. 4.578.000 x 14 buah = Rp. 64.092.000
- f. Biaya Pisau Rotary 9 Foot  
= Rp. 7.937.500 x 10 buah = Rp. 115.973.500
- g. Biaya listrik  
= Rp. 72.687.500 x 12 bulan = Rp. 872.250.000

Sehingga untuk biaya *overhead* per unit adalah sebesar  $\frac{\text{Rp.1.203.009.500}}{809291} = \text{Rp. 1.486}$ . Dan untuk biaya produksi per unit dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Data Biaya Produksi per Unit (P)

Biaya Bahan Baku Langsung	Biaya Tenaga Kerja Langsung	Biaya Overhead	Biaya Produksi
Rp 33.081	Rp 9.783	Rp 1.486	Rp 44.350

## 2. Biaya *Set-up* (S)

Biaya *set-up* merupakan biaya penyusunan peralatan mesin dan penyetelan mesin. Untuk biaya *set-up* terdiri dari biaya



penyusunan peralatan mesin. Dalam satu tahun PT.Linggarjati Mahardika Mulia melakukan sepuluh kali siklus produksi. Untuk rincian biaya *set-up* per *run* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Biaya Set-up (S)

No	Nama Mesin	Tahan Mesin (Tahun)	Biaya (Rp)	Biaya Set-up (Rp)
1	Single Spindel Rotary Lathe 5	20	2.000.000	100.000
2	Non Chuck Vennering Lathe	20	3.000.000	150.000
3	15 Opening Hot Plate Dryer	15	3000.000	200.000
4	Thermo Oil (120x10xKCAL)	20	2.000.000	100.000
5	Auto Cliper	15	3.000.000	200.000
6	Knife Grinder 9 Feed	10	2.000.000	200.000
7	Band Saw	20	2.000.000	100.000
8	Glue Spreader	20	2.000.000	100.000
9	Hot Press Plywood	20	2.500.000	125.000
10	Cold Press	15	3.000.000	200.000
11	Double Sizer	20	2.000.000	100.000
12	Sander	20	2.000.000	100.000
<b>Jumlah (Rp)</b>				<b>1.675.000</b>

PT.Linggarjati dalam satu tahun terdapat sepuluh kali siklus produksi. Sehingga untuk total biaya *set-up* per *run* adalah sebesar Rp. 167.500



### 3. Biaya Simpan

Biaya simpan merupakan biaya yang diakibatkan penumpukan produk dalam pabrik. Biaya simpan terdiri dari biaya 9 orang *outsourcing*.

$$= \text{Rp. } 1.389.000,00 \times 9 \text{ orang} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 150.012.000$$

Sehingga untuk biaya simpan per unit adalah

$$= \frac{\text{Rp. } 150.012.000}{809291} = \text{Rp. } 185.$$

### 4.5 Menghitung Volume Produksi Optimal

Untuk menghitung Volume Produksi Optimal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q^* &= \sqrt{\frac{2SRp}{H(p-r)}} \\ &= \sqrt{\frac{2(167.500)(809291)(2750)}{185(2750-2593,881)}} \\ &= \sqrt{25.814.033.161} \\ &= 160.667,4614 \\ Q^* &\approx 160.668 \end{aligned}$$

Jadi volume produksi optimal plywood sebesar 160.668 unit plywood.

### 4.6 Menentukan Total Biaya Produksi Dengan Metode EPQ

Untuk menghitung nilai *economic production quantity* (EPQ) Optimal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \overline{TC}(Q) &= PR + \frac{HQ^*(p-r)}{p} \\ &= 44.350(809.291) + \frac{185(160.667,4614)(2750-2593,881)}{2750} \\ &= 35.892.055.850 + 1.687.414 \\ &= 35.893.743.264 \end{aligned}$$

Jadi total biaya produksi dengan menggunakan metode *economic production quantity* (EPQ) adalah sebesar Rp.35.893.743.264.

#### 4.7 Menentukan Total Biaya Produksi Perusahaan Tahun 2017

Total Biaya Produksi dari perusahaan terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya simpan, biaya perawatan, dan biaya mesin. Untuk rincian total biaya produksi pada tahun 2016 sebagai berikut:

1. Total biaya bahan baku dapat dilihat pada Tabel 4.10

**Tabel 4.10** Komponen Biaya Bahan Baku

No	Nama Bahan Baku	Volume	Satuan	Total (Rp)
1	Log	17.711,831	m <sup>3</sup>	15.550.987.794
2	Resin	1.252.500	Kg	6.888.750.000
3	Hardener	7.640	Kg	79.838.000
4	Gamed Tape	24.120	Roll	1.193.940.000
5	Realing Tape	4.973	Roll	261.082.500
6	Tepung Industri	145.060	Kg	427.927.000
7	Tepung Gaplek	2.748.40	Kg	797.036.000
<b>Jumlah (Rp)</b>				<b>25.199.561.294</b>

Sehingga untuk total biaya bahan baku adalah sebesar Rp.25.199.561.294

2. Biaya tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 4.11

**Tabel 4.11** Komponen Biaya Tenaga Kerja

No	Jenis Tenaga Kerja	Biaya (Rp)	Jumlah (Orang)	Total Biaya (Rp)
1	Mandor	2.450.000	17	499.800.000
2	Karyawan	1.389.000	445	7.417.260.000
<b>Jumlah (Rp)</b>				<b>7.917.060.000</b>

Sehingga untuk total biaya tenaga kerja adalah sebesar Rp.7.917.060.000

3. Biaya perawatan mesin dapat dilihat pada Tabel 4.12

**Tabel 4.12** Komponen Biaya Perawatan Mesin

No	Biaya Perawatan Mesin	Harga (Rp)	Jumlah (Satu Tahun)	Satuan	Total Biaya (Rp)
1	Minyak Solar	5.150	18200	Liter	93.730.000
2	Olie Hidrolik	23.000	480	Liter	11.040.000
3	Olie Gearbook	65.000	120	Liter	7.800.000
4	Olie Thermo	21.000	1200	Liter	25.200.000
5	Olie Mesin	36.000	360	Liter	12.960.000
6	Pisau Rotary 5 Foot	4.578.000	14	PCS	64.092.000
7	Pisau Rotary 9 Foot	11.593.750	10	PCS	115.937.500
<b>Jumlah (Rp)</b>					<b>330.759.500</b>

Sehingga total biaya perawatan mesin adalah sebesar Rp.330.759.500

4. Biaya simpan dapat dilihat pada Tabel 4.13

**Tabel 4.13** Komponen Biaya Simpan

No	Jenis Biaya Simpan	Biaya (Rp)	Jumlah (Orang)	Total Biaya (Rp)
1	Biaya Outsorcing	1.389.000	9	150.012.000
<b>Jumlah (Rp)</b>				<b>150.012.000</b>

Sehingga untuk total biaya simpan adalah sebesar Rp.150.012.000

5. Biaya Listrik dapat dilihat pada Tabel 4.14

**Tabel 4.14** Biaya Listrik Tahun 2016

No	Bulan	Total Biaya (Rp)
1	Januari	71.350.000
2	Febuari	70.100.000
3	Maret	72.500.000
4	April	71.650.000
5	Mei	73.250.000
6	Juni	74.150.000
7	Juli	73.650.000
8	Agustus	72.350.000
9	September	74.300.000
10	Oktober	70.650.000
11	Nopember	73.550.000
12	Desember	74.750.000
<b>Jumlah</b>		<b>872.250.000</b>

Sehinggal untuk total biaya listrik adalah sebesar Rp.872.250.000



Sehingga untuk total biaya produksi tahun 2016 dari perusahaan adalah sebesar Rp. 34.469.642.794

PT. Linggarjati Mahardika Mulia menerapkan kebijakan bahwa untuk rencana total biaya produksi pada tahun berikutnya ditingkatkan sebesar 15% dari total biaya produksi pada tahun sebelumnya.

Sehingga rencana total biaya produksi PT. Linggarjati Mahardika Mulia untuk tahun 2017 adalah sebesar Rp.39.640.089.231.

#### **4.8 Perbandingan Total Cost Perusahaan dengan Total Cost EPQ**

Perbandingan total *cost* produksi perusahaan dengan total *cost* produksi dengan metode EPQ (*economic production quantity*) dengan selisih sebesar Rp. 3.746.345.949. Sehingga dengan menggunakan metode EPQ yang optimal terjadi penurunan total biaya produksi sebesar 9,45 %.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prediksi kebutuhan bahan baku Tahun sebagai berikut
  - Log sebesar  $18.775,5512 \text{ m}^3$
  - Resin sebesar 13.277.237,24 Kg
  - Tepung industri sebesar 153.765,29 Kg
  - Tepung gaplek sebesar 291.344 Kg
  - Hardener sebesar 8.092,91 Kg
  - Realing tape sebesar 2.168.899,88 m
  - Gamed tape sebesar 10.520,783 m.
2. Volume produksi yang optimal pada tahun 2017 sebesar 160.668 unit plywood.
3. Dengan menerapkan metode *Economic Production Quantity* PT.Linggarjati Mahardika Mulia dapat diprediksi akan menurunkan total biaya produksi sebesar 9,45%.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sofyan, D. K. (2013). **Perencanaan & Pengendalian Produksi**. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Lhokseumawe NAD.
- [2] Yarnit, Z. (2002). **“Manajemen Produksi dan Operasi”**. Edisi Kedua. Ekonisia, Yogyakarta.
- [3] Krshnamoorthi, C., & Panayappan, Dr. S. (2012). **An EPQ Model of Imperfect Production Processes with Shortages and Quality Cost**. International Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol 7 No 2, 219-233
- [4] Harrisma, S, K. (2015). **Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Metode EOQ (*Economic Order Quantity*)**. Tugas Akhir-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [5] Makridakis, S., Steven C. Wheelwright, and Victor E. McGee. (1999). **Metode dan Aplikasi Peramalan**. Edisi kedua. Binarupa Aksara, Jakarta.
- [6] Wei, W.S. (2006). **Time Series Analysis Univariate dan Multivariate Methods**. Pearson Education Inc.:Amerika.
- [7] Aswi dan Sukarna. (2006). **Analisis Deret Waktu:Teori dan Aplikasi**. Andira Publisher: Makasar.
- [8] Sinulingga, S. (2009). **Perencanaan & Pengendalian Produksi**. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Herjanto, E. (1999). **Manajemen Produksi dan Operasi** Edisi kedua Guna Widya, Jakarta
- [10] Tersine, R, J. (1994), **Principles of Inventory and Material Management**, 4th Edition. Pretice Hall International, Inc
- [11] Conover, W.J. (1980). **Practical Nonparametric Statistics**, 2ed Texas Tech University.



## LAMPIRAN A

Data Mingguan Penjualan Plywood PT. Linggarjati Mahardika  
Mulia Tahun 2015-2016

Minggu (t)	Penjualan (Zt)	Minggu (t)	Penjualan (Zt)	Minggu (t)	Penjualan (Zt)
1	12096	36	12942	71	13950
2	11053	37	13113	72	14415
3	11347	38	12181	73	14578
4	11432	39	11837	74	14270
5	11673	40	11917	75	14958
6	11877	41	12258	76	14963
7	11962	42	12221	77	14994
8	12080	43	12937	78	15811
9	12354	44	12965	79	11176
10	12445	45	12980	80	10012
11	12532	46	13111	81	16311
12	12873	47	11831	82	16535
13	13947	48	12482	83	16062
14	13647	49	12659	84	10043
15	13621	50	14710	85	16023
16	13665	51	13686	86	14952
17	13687	52	13421	87	14458
18	14392	53	13275	88	14327
19	13663	54	12625	89	15559
20	13476	55	12371	90	14915
21	13388	56	12541	91	16357
22	11812	57	13012	92	16375
23	11123	58	13062	93	17123
24	11347	59	13854	94	13411
25	11919	60	13864	95	15145
26	11548	61	13308	96	17132
27	11880	62	14595	97	16243
28	11963	63	12339	98	16538
29	12178	64	15012	99	16739
30	12784	65	15097	100	16743
31	12940	66	15174	101	15827
32	12864	67	15223	102	17296
33	10587	68	15312	103	15019
34	13093	69	14774	104	14902
35	12059	70	14758		





















## LAMPIRAN B

Hasil Analisa Data Dengan EVIEWS dan MINITAB untuk Model Sementara.

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4])

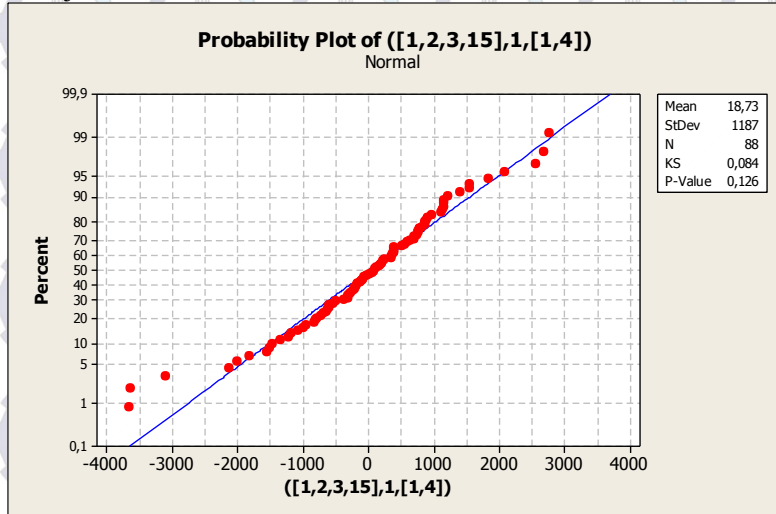
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.240349	0.111642	2.152860	0.0343
AR(2)	0.029958	0.110973	0.269960	0.7879
AR(3)	0.087991	0.110984	0.792819	0.4302
AR(15)	0.223613	0.093011	2.404150	0.0185
MA(1)	-0.988063	0.020688	-47.76079	0.0000
MA(4)	0.415241	0.015168	27.37590	0.0000
R-squared	0.432667	Mean dependent var		14.05682
Adjusted R-squared	0.398073	S.D. dependent var		1576.158
S.E. of regression	1222.845	Akaike info criterion		17.12149
Sum squared resid	1.23E+08	Schwarz criterion		17.29040
Log likelihood	-747.3458	Hannan-Quinn criter.		17.18954
Durbin-Watson stat	2.100207			

### 2. Uji White Noise Model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4])

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.067	-0.067	0.4027	
		2 -0.061	-0.066	0.7457	
		3 -0.035	-0.044	0.8593	
		4 0.013	0.004	0.8759	
		5 -0.086	-0.091	1.5782	
		6 -0.135	-0.151	3.3282	
		7 -0.002	-0.037	3.3286	0.068
		8 -0.034	-0.067	3.4404	0.179

## LAMPIRAN B... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA ([1,2,3,15],1,[1,4])



## LAMPIRAN C

Hasil Analisa Data Dengan EVIEWS dan MINITAB untuk Model Hasil *Overfitting*.

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA ([1,2,3,15],1,1)

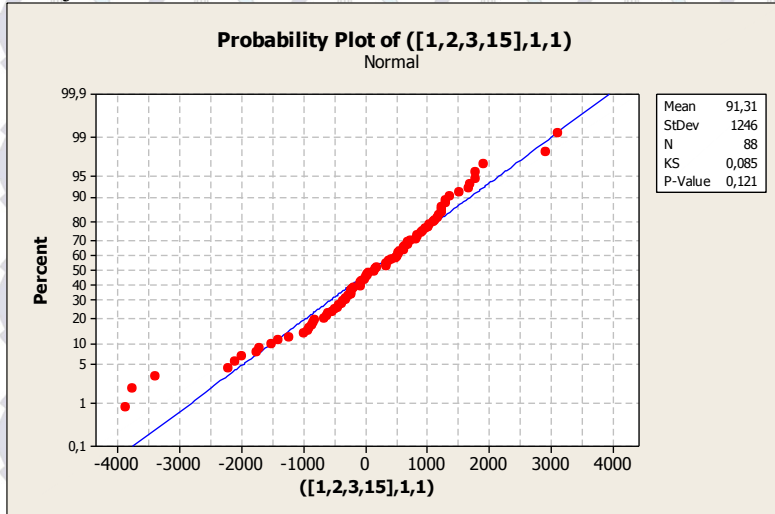
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.157832	0.187111	-0.843519	0.4014
AR(2)	-0.294332	0.133710	-2.201268	0.0305
AR(3)	-0.263726	0.137451	-1.918692	0.0585
AR(15)	0.017210	0.113380	0.151791	0.8797
MA(1)	-0.544419	0.179038	-3.040802	0.0032
R-squared	0.371153	Mean dependent var		14.05682
Adjusted R-squared	0.340847	S.D. dependent var		1576.158
S.E. of regression	1279.655	Akaike info criterion		17.20171
Sum squared resid	1.36E+08	Schwarz criterion		17.34247
Log likelihood	-751.8752	Hannan-Quinn criter.		17.25842
Durbin-Watson stat	1.960739			

### 2. Uji White Noise Model ARIMA ([1,2,3,15],1,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.008	0.008	0.0055	
		2 -0.017	-0.017	0.0319	
		3 -0.040	-0.040	0.1844	
		4 0.037	0.038	0.3159	
		5 -0.084	-0.086	0.9829	
		6 -0.062	-0.061	1.3515	0.245
		7 0.113	0.115	2.5920	0.274
		8 0.057	0.045	2.9146	0.405

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA ([1,2,3,15],1,1)





















## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Parameter model ARIMA ([1,2,3,15],1,0)

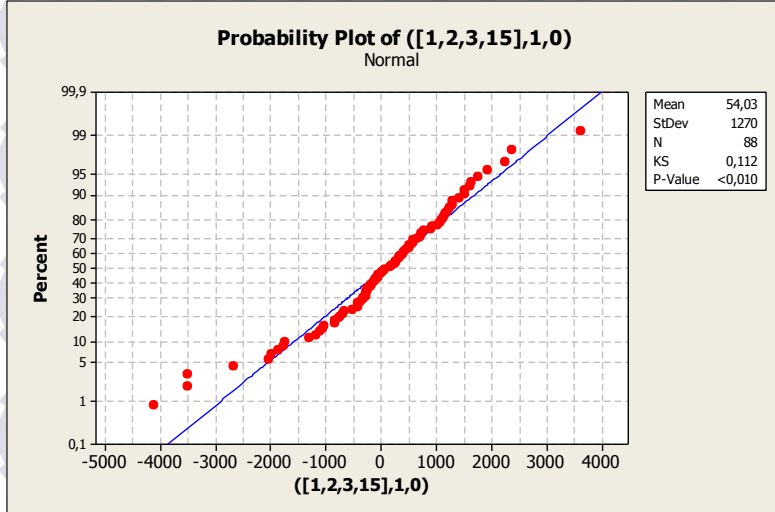
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.596380	0.099123	-6.016582	0.0000
AR(2)	-0.508034	0.106977	-4.748994	0.0000
AR(3)	-0.428767	0.101910	-4.207289	0.0001
AR(15)	-0.006883	0.096822	-0.071091	0.9435
R-squared	0.349482	Mean dependent var		14.05682
Adjusted R-squared	0.326249	S.D. dependent var		1576.158
S.E. of regression	1293.747	Akaike info criterion		17.21286
Sum squared resid	1.41E+08	Schwarz criterion		17.32547
Log likelihood	-753.3659	Hannan-Quinn criter.		17.25823
Durbin-Watson stat	2.088459			

### 2. Uji White Noise Model ARIMA ([1,2,3,15],1,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.051	-0.051	0.2375	
		2	-0.075	-0.078	0.7577	
		3	-0.113	-0.122	1.9380	
		4	-0.113	-0.136	3.1382	
		5	-0.015	-0.054	3.1604	0.075
		6	-0.048	-0.093	3.3808	0.184
		7	0.127	0.082	4.9493	0.176
		8	0.055	0.036	5.2434	0.263

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA ([1,2,3,15],1,0)





## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA ([1,3],1,1)

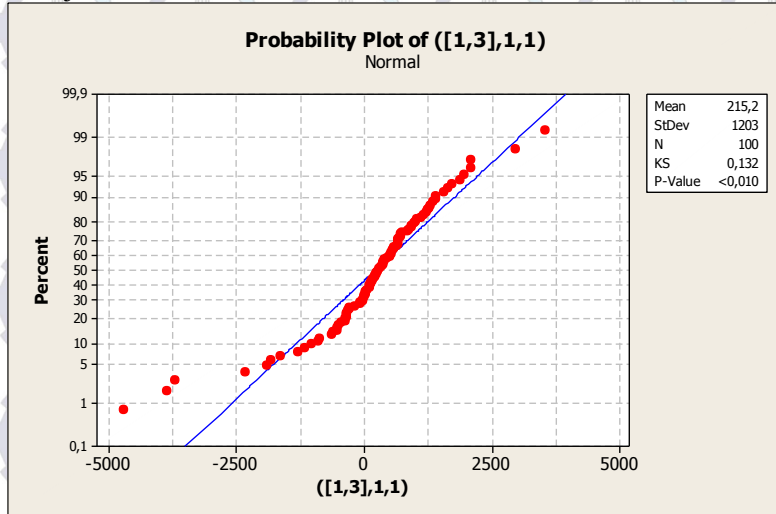
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.123511	0.139473	0.885556	0.3780
AR(3)	-0.072956	0.118304	-0.616684	0.5389
MA(1)	-0.805491	0.086186	-9.345967	0.0000
R-squared	0.320018	Mean dependent var		34.70000
Adjusted R-squared	0.305997	S.D. dependent var		1482.568
S.E. of regression	1235.081	Akaike info criterion		17.10520
Sum squared resid	1.48E+08	Schwarz criterion		17.18336
Log likelihood	-852.2600	Hannan-Quinn criter.		17.13683
Durbin-Watson stat	1.937608			

### 2. Uji White Noise Model ARIMA ([1,3],1,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.002	0.002	0.0003	
		2	-0.142	-0.142	2.1134	
		3	-0.065	-0.066	2.5616	
		4	0.194	0.177	6.5407	0.011
		5	0.013	-0.005	6.5591	0.038
		6	-0.073	-0.031	7.1311	0.068
		7	0.018	0.046	7.1669	0.127
		8	-0.012	-0.062	7.1836	0.207

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA ([1,3],1,1)



















## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA (3,1,1)

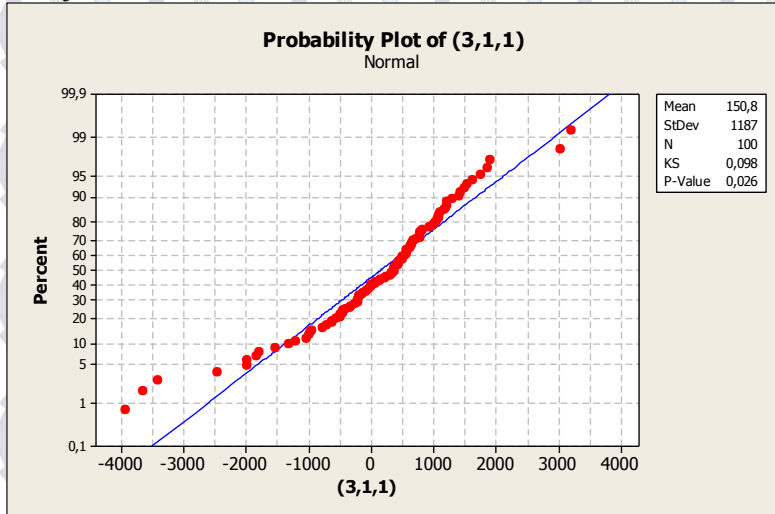
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.231414	0.198717	-1.164544	0.2471
AR(2)	-0.327194	0.130986	-2.497930	0.0142
AR(3)	-0.293301	0.128810	-2.277003	0.0250
MA(1)	-0.426538	0.200558	-2.126760	0.0360
R-squared	0.348673	Mean dependent var		34.70000
Adjusted R-squared	0.328319	S.D. dependent var		1482.568
S.E. of regression	1215.056	Akaike info criterion		17.08215
Sum squared resid	1.42E+08	Schwarz criterion		17.18635
Log likelihood	-850.1073	Hannan-Quinn criter.		17.12432
Durbin-Watson stat	1.966071			

### 2. Uji White Noise Model ARIMA (3,1,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.003	-0.003	0.0008	
		2	-0.028	-0.028	0.0810	
		3	-0.050	-0.050	0.3435	
		4	0.014	0.013	0.3634	
		5	-0.082	-0.085	1.0846	0.298
		6	-0.070	-0.073	1.6097	0.447
		7	0.103	0.100	2.7652	0.429
		8	0.037	0.026	2.9193	0.571

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA (3,1,1)



















## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA (3,1,0)

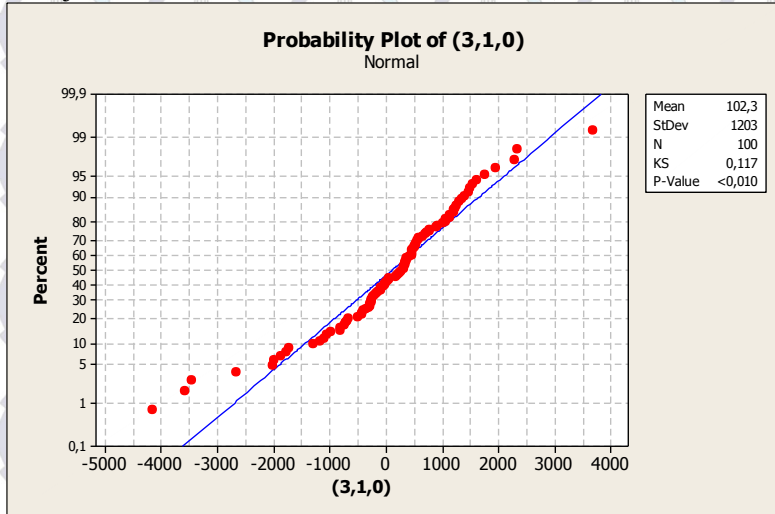
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.583246	0.092778	-6.286488	0.0000
AR(2)	-0.492302	0.099318	-4.956822	0.0000
AR(3)	-0.414399	0.093773	-4.419179	0.0000
R-squared	0.336570	Mean dependent var	34.70000	
Adjusted R-squared	0.322891	S.D. dependent var	1482.568	
S.E. of regression	1219.955	Akaike info criterion	17.08056	
Sum squared resid	1.44E+08	Schwarz criterion	17.15871	
Log likelihood	-851.0278	Hannan-Quinn criter.	17.11219	
Durbin-Watson stat	2.070193			
Inverted AR Roots	.06-.76i	.06+.76i	-.71	

### 2. Uji White Noise Model ARIMA (3,1,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.048	-0.048	0.2349
		2	-0.067	-0.070	0.7051
		3	-0.097	-0.105	1.6989
		4	-0.093	-0.111	2.6168
		5	-0.008	-0.036	2.6231
		6	-0.050	-0.082	2.8995
		7	0.114	0.083	4.3269
		8	0.035	0.024	4.4609

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA (3,1,0)



















## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Parameter Model ARIMA ([1,15],1,[1,4])

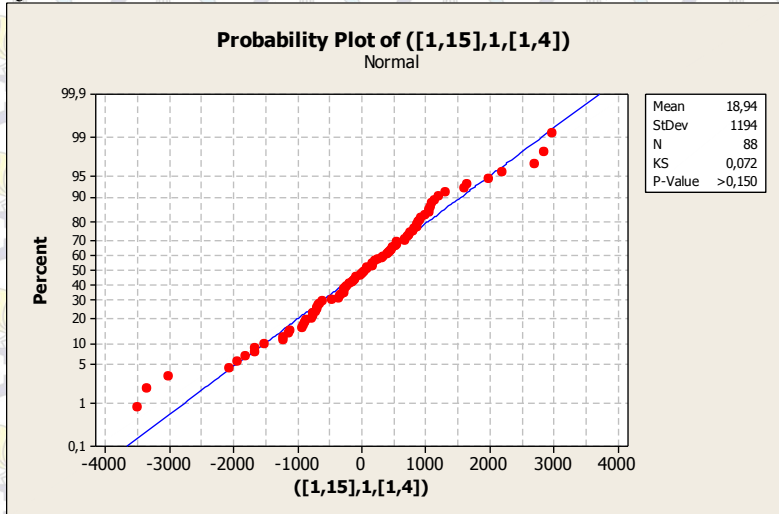
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.263752	0.107339	2.457194	0.0161
AR(15)	0.200718	0.091511	2.193367	0.0310
MA(1)	-0.982603	0.022309	-44.04526	0.0000
MA(4)	0.415611	0.016827	24.69892	0.0000
R-squared	0.426440	Mean dependent var		14.05682
Adjusted R-squared	0.405956	S.D. dependent var		1576.158
S.E. of regression	1214.812	Akaike info criterion		17.08696
Sum squared resid	1.24E+08	Schwarz criterion		17.19956
Log likelihood	-747.8260	Hannan-Quinn criter.		17.13232
Durbin-Watson stat	2.126732			

### 2. Uji *White Noise* Model ARIMA ([1,15],1,[1,4])

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.081	-0.081	0.5901	
		2	-0.046	-0.052	0.7816	
		3	0.034	0.026	0.8901	
		4	0.025	0.027	0.9469	
		5	-0.087	-0.081	1.6713	0.196
		6	-0.144	-0.159	3.6638	0.160
		7	0.001	-0.036	3.6638	0.300
		8	-0.047	-0.061	3.8846	0.422

## LAMPIRAN C... Lanjutan

### 3. Uji Normal Residual Model ARIMA ([1,15],1,[1,4])



## LAMPIRAN D

Data Hasil Peramalan Penjualan Plywood PT.Linggarjati  
Mahardika Mulia Tahun 2017.

Minggu	Peramalan	Minggu	Peramalan	Minggu	Peramalan
1	15483	19	15562	37	15558
2	16149	20	15557	38	15558
3	15521	21	15554	39	15558
4	15318	22	15557	40	15558
5	15469	23	15559	41	15558
6	15743	24	15558	42	15558
7	15593	25	15557	43	15558
8	15482	26	15557	44	15558
9	15507	27	15558	45	15558
10	15610	28	15558	46	15558
11	15583	29	15557	47	15558
12	15538	30	15557	48	15558
13	15535	31	15558	49	15558
14	15570	32	15558	50	15558
15	15570	33	15557	51	15558
16	15554	34	15557	52	15558
17	15549	35	15558		
18	15560	36	15558	<b>Total</b>	<b>809291</b>





## LAMPIRAN E

### Biaya Tiap Bahan Baku

No	Nama Bahan Baku	Satuan	Harga
1	Log	$m^3$	Rp.878.000
2	Resin	Kg	Rp.5.500
3	Tepung Industri	Kg	Rp.2.950
4	Tepung Gaplek	Kg	Rp.2.900
5	Hardener	Kg	Rp.10.450
6	Realing Tape	Roll	Rp.52.500
7	Gumed Tape	Roll	Rp. 49.500



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Sinar Dwi Amutu dan dilahirkan di Pacitan, 28 Januari 1995 dari pasangan Darmono dan Tumini. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dengan kakak perempuan yang bernama Velcra Tyas Haryani. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Tunas Asri 72, SDN Purwoasri I Pacitan, SMPN 1 Kebonagung Pacitan, dan SMAN 1 Pacitan. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studinya di S1 Jurusan Matematika FMIPA ITS Surabaya tahun 2013. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti organisasi. Selama kuliah di ITS penulis aktif di bidang akademik maupun non akademik. Berperan aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) FMIPA ITS sebagai Kepala Departemen Dalam Negeri. Komunikasi lebih lanjut dengan penulis dapat melalui email [sinaramutu6@gmail.com](mailto:sinaramutu6@gmail.com).

